



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

DISEÑO DE UN ENROLLADOR DE COBERTOR DE  
PISCINAS ELEVADAS

Oihane Ondarra Larrea

Pedro María Villanueva Roldán

Pamplona, 20 de febrero de 2014

## ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>2. PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS.....</b>                            | <b>7</b>  |
| <b>2.1 OBJETIVOS .....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>3. MORFOLOGÍA .....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>4. ESTUDIO DE MERCADO .....</b>                                  | <b>12</b> |
| <b>4.1 DEFINICIÓN DEL MERCADO .....</b>                             | <b>12</b> |
| <b>4.2 ESTUDIOS DE INTERÉS .....</b>                                | <b>13</b> |
| <b>4.3 SEGMENTACIÓN DEL MERCADO .....</b>                           | <b>14</b> |
| <b>4.4 LEGISLACIÓN Y NORMATIVA .....</b>                            | <b>15</b> |
| <b>4.5 ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE LA COMPETENCIA .....</b>            | <b>16</b> |
| <b>4.6 ANÁLISIS MATRICIAL .....</b>                                 | <b>20</b> |
| <b>5. DAFO.....</b>   | <b>22</b> |
| <b>6. ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO DEL PRODUCTO.....</b>             | <b>25</b> |
| <b>6.1 MÉTODO RED .....</b>   | <b>25</b> |
| <b>6.1.1 Resultado del método RED.....</b>                          | <b>33</b> |
| <b>6.2 MÉTODO FAST (FUNCTIONAL ANALYSIS SYSTEM TECHNIQUE).....</b>  | <b>35</b> |
| <b>6.3 PLIEGO DE CONDICIONES FUNCIONAL (PCF).....</b>               | <b>36</b> |
| <b>7. QFD.....</b>  | <b>39</b> |
| <b>7.1 EXPECTATIVAS DEL CLIENTE .....</b>                           | <b>40</b> |
| <b>7.2 PARÁMETROS DE DISEÑO .....</b>                               | <b>41</b> |
| <b>7.3 MATRIZ QFD .....</b>   | <b>41</b> |
| <b>8. QFD II.....</b>   | <b>46</b> |
| <b>9. DISEÑO CONCEPTUAL Y SU SELECCIÓN .....</b>                    | <b>49</b> |
| <b>9.1 GENERACIÓN DE SOLUCIONES (COMBINACIÓN DE IDEAS) .....</b>    | <b>49</b> |
| <b>9.2 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LAS SOLUCIONES GENERADAS .....</b> | <b>56</b> |
| <b>9.2.1 Convergencia controlada o DATUM.....</b>                   | <b>56</b> |
| <b>9.3 RESULTADO FINAL DEL DISEÑO CONCEPTUAL .....</b>              | <b>70</b> |
| <b>10. DISEÑO PRELIMINAR.....</b>                                   | <b>73</b> |
| <b>10.1 DIMENSIONES Y PESO A SOPORTAR.....</b>                      | <b>73</b> |
| <b>10.2 MECANISMO DE GIRO .....</b>                                 | <b>75</b> |
| <b>10.2.1 Motor .....</b>   | <b>75</b> |
| <b>10.2.2 Eje enrollador y sus componentes.....</b>                 | <b>79</b> |
| <b>10.2.3 Rodamientos.....</b>                                      | <b>86</b> |
| <b>10.2.4 Contrasoporte .....</b>                                   | <b>90</b> |

|   |     |
|---|-----|
| 10.2.5 Enganche del cobertor .....                          | 90  |
| 10.3 CARCASA .....  | 91  |
| 10.3.1 Complementos para asegurar la limpieza .....         | 93  |
| 10.4 APOYOS .....   | 95  |
| 10.4.1 Anclaje al suelo .....                               | 103 |
| 10.5 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA .....                        | 103 |
| 10.5.1 Análisis a fatiga .....                              | 107 |
| 10.5.2 Condiciones climatológicas .....                     | 123 |
| 10.6 INTEGRIDAD ESTRUCTURAL DEL EQUIPO .....                | 124 |
| 10.6.1 Cargas .....   | 124 |
| 10.6.2 Método de cálculo de la integridad estructural ..... | 125 |
| 11. AMFE .....  | 127 |
| 11.1 MECANISMO DE GIRO .....                                | 129 |
| 11.2 SUJECCIÓN DEL COBERTOR .....                           | 130 |
| 11.3 CARCASA .....  | 131 |
| 11.4 APOYOS .....   | 132 |
| 12. ELEMENTOS FINITOS .....                                 | 135 |
| 13. DISEÑO EN DETALLE .....                                 | 141 |
| 14. ESTUDIO ECONÓMICO .....                                 | 143 |
| 14.1 PRESUPUESTO .....                                      | 143 |
| 14.2 COSTES Y PUNTO DE EQUILIBRIO .....                     | 144 |
| 15. CONCLUSIONES .....                                      | 149 |
| BIBLIOGRAFÍA .....  | 151 |
| ANEXO A .....   | 153 |
| ANEXO B .....   | 163 |
| ANEXO C .....   | 165 |

# 1. Introducción

Este proyecto está orientado a cubrir una necesidad que se ha podido detectar en el mercado de piscinas de uso particular destinadas al ocio, concretamente para el caso de las piscinas desmontables elevadas. Por ello, con el fin de cubrir una necesidad ya existente en este ámbito, se realizará el diseño de un enrollador o recogedor del cobertor flotante de burbujas de verano por las razones que se presentan a continuación.

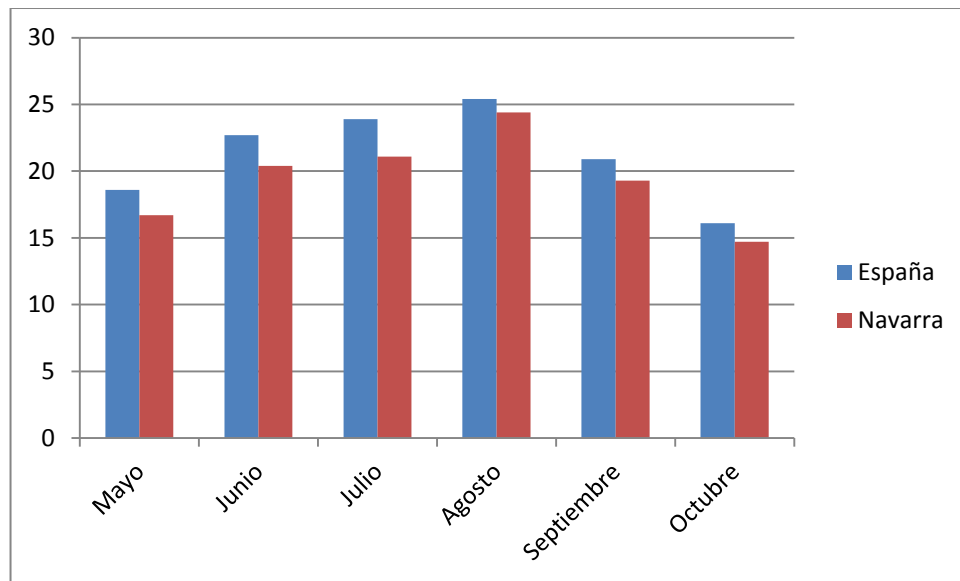
Las piscinas desmontables, e incluso las piscinas de obra, cuentan con distintos accesorios para su mejor uso y aprovechamiento, uno de estos accesorios es el cobertor flotante de burbujas de verano. Se hace uso de este producto solamente durante la temporada de baño y ha de retirarse en los meses de invierno para que se lleve a cabo la instalación del cobertor de invierno, el cual tiene otras características y funciones. La mayoría de usuarios de piscinas privadas hacen uso de este accesorio para su piscina durante el periodo de uso de las mismas.

La principal función del cobertor de verano es aumentar la temperatura del agua, ya que al ser una lámina de polietileno con burbujas de aire sellado, cuando el sol incide sobre el cobertor, el agua en contacto con el cobertor tiende a calentarse aumentando así la temperatura de la piscina. En un día soleado, la temperatura del agua puede incrementarse hasta en 4°C. Además durante las horas de menor temperatura como pueden ser días más fríos o incluso durante el horario nocturno, el cobertor hace que el agua se enfríe lo menos posible y que se pueda mantener la temperatura de la piscina lo más alta posible.

Por lo tanto, la mayor ventaja que conlleva el uso de este cobertor es el disponer de una temperatura más agradable de baño, y al mismo tiempo poder alargar temporadas de baño, es decir, adelantar el inicio y retrasar el final de cada temporada. La temperatura de baño es de vital importancia, un ejemplo indicativo de dicha importancia se puede encontrar en las distintas normas relativas a piscinas. De hecho en Navarra según las *Normas sanitarias de piscinas de uso público (Decreto Foral 135/1993)* la temperatura de piscinas cubiertas tiene que estar comprendida entre 24 y 28°C, estos valores varían dependiendo de cada comunidad autónoma.

En la *ilustración 1* se muestran las temperaturas medias en grados centígrados de España y la comunidad autónoma de Navarra según la Agencia Estatal de Meteorología durante los meses de entre mayo y octubre. Los meses que se muestran son en los que más uso se hace de las piscinas instaladas en el exterior. Como se puede observar, la temperatura media no es alta, eso se debe principalmente al cambio de temperaturas en distintas horas del día o la variación de la climatología durante los distintos días del mes. Por lo que el cobertor se convierte en una buena solución que permite a sus usuarios aprovechar mejor sus piscinas.





**Ilustración 1. Temperatura media en grados centígrados**

Otra de sus funciones es evitar la caída al agua de diversos objetos. Lo más común en estas piscinas instaladas en el exterior, es la caída de hojas de árboles o similares focos de suciedad para el agua de la piscina que provienen de su entorno. Pero también puede evitar la caída involuntaria de otros objetos de las personas que están alrededor de la piscina cuando ésta no está siendo utilizada.

La tercera y última función del cobertor de burbujas de verano es evitar la pérdida de agua por la evaporación de la misma. Esta función coge un peso mayor en días muy calurosos o en el caso de lugares donde debido al clima la temperatura diaria media es elevada.

Es por estas tres principales razones por las que se recomienda el uso de estos cobertores flotantes de verano, sobre todo en piscinas desmontables ya que por lo general no cuentan con ningún tipo de climatización y la depuración de las mismas no es continua, siendo importante que el agua se ensucie lo menos posible. Es por ello por lo que la gran mayoría de los usuarios de piscinas particulares dispone de estos cobertores flotantes de verano.

Sin embargo en piscinas con dimensiones considerables, la manipulación (recogida, extensión y posterior almacenamiento) de este tipo de cobertores sin ningún tipo de mecanismo es dificultosa e incómoda. Por un lado, a la hora de recogerlo, teniendo en cuenta que el usuario sólo se mueve en el perímetro exterior de la piscina, el doblar este cobertor supone una dificultad por sus grandes dimensiones y volumen, por lo que normalmente se necesita más de una persona para poder hacerlo adecuadamente. Una vez doblado el cobertor, el peso del mismo y principalmente el volumen adquirido son considerables. Además si éste se manipula de manera inadecuada puede darse la ruptura de las burbujas de aire sellado disminuyendo así la eficacia del cobertor. Otro de los inconvenientes es disponer del lugar adecuado donde poder depositar o almacenar el cobertor una vez que éste ha sido retirado. Ya que, cuando la piscina está siendo utilizada hay que retirarlo perdiendo así mucho espacio en el perímetro exterior de la piscina y el cobertor puede llegar a dañarse si no se deja en el lugar adecuado.

Como consecuencia de estos inconvenientes, una práctica muy habitual de los usuarios de estas piscinas en los días que se va a hacer uso de éstas, es la de quitar el cobertor por la mañana y volver a ponerlo al atardecer o a la noche, perdiendo así muchas horas de radiación solar y llegando a desaprovechar la principal ventaja del cobertor. También se suele dar el desuso del cobertor durante días consecutivos de buen tiempo por ser más cómodo para el usuario, manteniéndolo doblado o recogido.

Mediante un mecanismo para recoger este tipo de cobertor de verano se consigue, por un lado, un uso óptimo del cobertor con las ventajas que ello conlleva y un mejor mantenimiento del mismo, y por otro la comodidad y facilidad de manipulación para los usuarios de la piscina. Por ello, desde el punto de vista de este proyecto se considera necesario el disponer de un mecanismo para facilitar la manipulación del cobertor de verano.

Hoy en día se pueden clasificar en dos grupos los tipos de enrolladores existentes en el mercado dependiendo de su aplicación: piscinas enterradas y elevadas. El primero de ellos es para el caso de piscinas enterradas, es decir, piscinas de obra o piscinas desmontables enterradas (las menos comunes). En este caso, la oferta de enrolladores es bastante amplia, de hecho existen hasta tres modelos distintos con sus correspondientes variantes:

- Enrollador fijo de pared, pueden ser motorizados o manuales
- Enrollador fijo de columna, pueden ser motorizados o manuales
- Enrollador móvil (sólo manual)

Dentro de cada modelo existen distintas medidas ya que dependiendo de la anchura de la piscina, la anchura del enrollador del cobertor también variará. Estos mecanismos facilitan el uso del cobertor flotante de verano.

El segundo tipo de enrolladores es el de las piscinas elevadas, es decir, para el uso del cobertor para la instalación habitual de piscinas desmontables. Para este tipo de piscinas la oferta de cobertores de verano es muy escasa, solamente se han podido encontrar tres variantes de este mecanismo:

- Enrollador de pared (como en las piscinas enterradas)
- Enrollador instalado en las playas de la piscina (sólo manual)
- Tubo para facilitar la manipulación (no es un mecanismo en sí, sino más bien un accesorio)

Debido a la importancia del cobertor flotante de verano para el aprovechamiento óptimo de la piscina y dados los inconvenientes de su manipulación, después de analizar la oferta del mercado, se ha detectado la necesidad de un recogedor adecuado para piscinas desmontables elevadas. Como se ha podido observar, en el caso de las piscinas de obra existen diversos recogedores que permiten la recogida de dichos cobertores, pero se considera que no ocurre lo mismo en el caso de las piscinas desmontables elevadas. Disponiendo del recogedor adecuado, el usuario sería capaz de utilizar el cobertor de manera cómoda sin que esto suponga ningún esfuerzo ni complicación a la hora de su recogida y posterior extensión, o incluso su almacenamiento. De este modo se facilitará un mayor aprovechamiento de las horas de sol para aumentar la temperatura de baño y se evitará que se ensucie la piscina en la medida de lo posible.

Por lo tanto, debido a la existencia de esta necesidad, en este proyecto se realizarán el estudio y diseño de un recogedor de cobertor flotante de verano con el fin de que los usuarios de piscinas elevadas puedan obtener un máximo aprovechamiento de dichos cobertores, y por consecuencia de la piscina en sí.

## 2. Planteamiento y objetivos

A consecuencia de los hechos citados en la introducción, en este proyecto se realizará el estudio y diseño de un recogedor del cobertor flotante de verano.

La necesidad principal a cubrir es la de un recogedor que permita al usuario la recogida y la posterior extensión del cobertor, facilitando así su manipulación. Éste estará diseñado para poder cubrir esta necesidad en piscinas desmontables elevadas de forma rectangular u ovalada. Debido a que cuanto mayor es el tamaño del cobertor más difícil es su retirada, extensión y manipulación, se intentará satisfacer la necesidad de los usuarios de piscinas de unas dimensiones considerables.

Las necesidades secundarias que se quieren satisfacer mediante el diseño de este producto son las siguientes:

- Ser fácil de usar
- Ser ergonómico
- Ser seguro
- Estar preparado para estar en la intemperie
- Ser estéticamente adecuado
- Que no suponga un estorbo

La oferta de piscinas desmontables es muy amplia, las hay de muchas formas y tamaños, por lo que el recogedor del cobertor que se va a diseñar tiene que cumplir con las medidas de la piscina en la que se va a instalar o ser utilizado. Una de las empresas líder en piscinas desmontables en España es Iaso, la gama de productos es muy amplia y se tomará como base su gama de piscinas MAX. Ya que éstas son los modelos de mayores dimensiones y por lo tanto con mayor necesidad de este producto.

En la *ilustración 2* se pueden ver las medidas de estas piscinas en metros.

| Modelo | Medidas exterior | Medidas interior |
|--------|------------------|------------------|
| MAX1   | 5.40x3.65x1.20   | 4.75x3.00x1.20   |
| MAX2   | 6.65x3.65x1.20   | 6.00x3.00x1.20   |
| MAX3   | 9.15x3.65x1.20   | 8.50x3.00x1.20   |
| MAX4   | 10.40x4.40x1.20  | 9.75x4.25x1.20   |
| MAX5   | 11.65x4.90x1.20  | 11.65x4.90x1.20  |

**Ilustración 2. Medidas de piscinas MAX**

Por lo tanto, se diseñará un recogedor cuyo cobertor corresponda a una piscina de 1.2 m de alto (como máximo) y 3.65 m de ancho; y donde la cubierta a recoger tenga la largura de entre 4.75 y 8.50 m. La piscina a instalar el enrollador podrá ser de forma cuadrada u ovalada.

A grandes rasgos, el recogedor o enrollador del cobertor constará de dos partes principales:

- La base o el apoyo. Su función será darle estabilidad, soportar el peso de toda la estructura y darle la altura suficiente para que el cobertor llegue al borde de la piscina
- El cuerpo. Será el mecanismo que permita la recogida, extensión y almacenamiento del cobertor de verano, dicho cobertor se unirá a esta parte del producto

Gracias a este producto la manipulación del cobertor tiene que ser rápida, cómoda y sencilla para el usuario de piscinas de las dimensiones citadas anteriormente. Mediante este proyecto se busca una mejora de las características de uso de los recogedores o enrolladores de cobertores.

A la hora de realizar el estudio y diseño del producto, se seguirán distintos pasos y distintas pautas de trabajo con el fin lograr un diseño eficaz y eficiente del producto que se busca. Se ha determinado que en este proceso de diseño se abordarán las fases principales de análisis, síntesis y evaluación y selección para poder llegar a la solución adecuada.

Por lo tanto, el proyecto comenzará con el análisis del mercado al que se enfrentará el producto y terminará con el diseño en detalle del mismo, el cual incluirá un estudio económico correspondiente al producto diseñado. En este proyecto, no se realizarán ni la validación ni la fabricación de este producto.

## 2.1 OBJETIVOS

Por todo citado anteriormente, y debido a la necesidad de este producto que se ha detectado en el mercado actual, el objetivo de este proyecto será el estudio y desarrollo del diseño de un recogedor de cobertor flotante de verano para piscinas desmontables elevadas. Así pues, se busca mejorar las características de uso y el rediseñamiento de este producto, de manera que:

- ✓ Se mejore las características de uso del producto
- ✓ Satisfaga al usuario siendo el producto un objeto útil
- ✓ Sea innovador
- ✓ Sea producible
- ✓ Tenga integridad y coherencia

Se busca realizar un diseño que cumpla con todas las características que le hagan cumplir sus funciones de manera adecuada y que le hagan ser un producto competente satisfaciendo a los futuros usuarios de este producto.

### 3. Morfología

La morfología del diseño es la realización de unas fases o una serie de pasos para finalmente poder obtener el producto que satisfaga las necesidades del cliente. El objetivo de esta morfología es buscar el diseño del producto que sea lo más eficiente y eficaz posible.

Hay distintas morfologías donde se agrupan distintos métodos para poder cumplir los objetivos que se buscan. Para cada tipo de producto ha de encontrarse la morfología de diseño adecuada. Hay infinidad de posibilidades, sin embargo todas ellas seguirán estas fases:

- ✓ Detección de la necesidad
- ✓ Oportunidad
- ✓ Definición del problema
- ✓ Idea de solución
- ✓ Solución conceptual
- ✓ Diseño preliminar
- ✓ Diseño detallado
- ✓ Desarrollo

Las teorías más conocidas y utilizadas sobre la morfología de diseño son el diseño total de Pugh, el enfoque técnico de Pahl y Beitz, el diseño desde un punto de vista axiomático (SUH), los sistemas técnicos (W. Hubka y W. E. Eder) y las teorías generales de proyectos aplicadas al diseño de productos.

En este caso, el producto que se busca diseñar es un producto que actualmente ya existe en el mercado, que no es altamente tecnológico y que no será de fabricación masiva. Esto es debido a que los clientes potenciales de este producto son un segmento muy concreto del mercado. El diseño de este producto es considerado como una respuesta a las necesidades de estos usuarios.

Por lo tanto, después de detectar la necesidad y definir el problema, como primer paso se ha decidido hacer un estudio de mercado. Mediante este estudio se obtendrá información acerca del tipo de mercado que se quiere abordar: situación, legislación y normativa existente y productos de la competencia.

Una vez obtenida esta información y tras sacar conclusiones se realizará un análisis DAFO con el fin de ver claramente la situación en la que se encuentra este proyecto.

El siguiente paso sería establecer especificaciones del diseño del producto para poder manifestar la necesidad en términos de funciones caracterizadas y detalladas. En este paso se obtendrá el pliego de condiciones funcional mediante el método RED. Se utilizará este método porque permite aumentar la información obtenida hasta este punto y relacionarla con los parámetros de diseño, es un método para la definición del problema. También se aplicará el método FAST para ver las funciones claramente mediante la definición del orden lógico de las mismas.

Mediante la aplicación del método QFD de definición de producto (QFD I) y definición de componentes (QFD II) se podrá ver la importancia que tiene cada necesidad del cliente, cada parámetro de diseño y cada componente que compone el producto.

Mediante las especificaciones obtenidas se hará el diseño conceptual, donde se trabajará con ideas, como acercamiento al diseño final y posterior selección de éste. Posteriormente, partiendo del diseño conceptual, se realizará el diseño preliminar, es decir, una interpretación de todo lo obtenido en fases anteriores definiendo aspectos más concretos como pueden ser materiales y estudios de fuerzas y demás. De esta manera se intenta asegurar el correcto funcionamiento del producto.

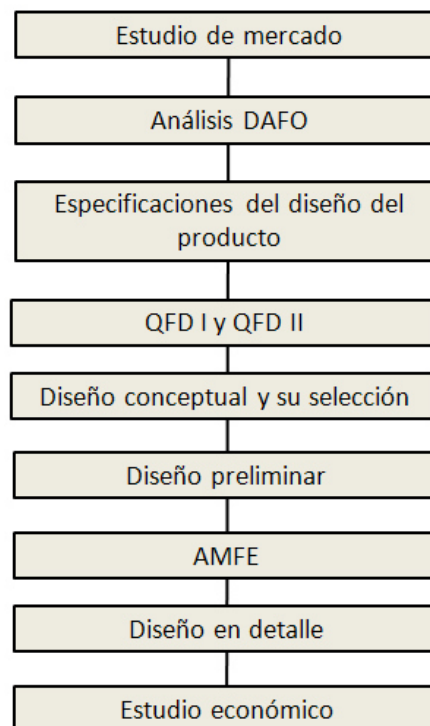
Una vez elegido el diseño conceptual adecuado del producto, se utilizará el método AMFE al mismo tiempo que se definen los detalles del producto en el diseño preliminar. Mediante el método AMFE se pretenderá obtener el aseguramiento de la calidad. Éste es un análisis modal de fallos y efectos.

Como paso final de este proyecto se realizará el diseño en detalle mediante técnicas de ordenador, concretamente CATIA, de donde se obtendrán los planos realizados. Además se realizará el diseño y simulación del circuito eléctrico en el software LT-Spice.

Por último se realizará un presupuesto o estudio económico del producto que se ha conseguido diseñar.

El último punto comentarán las conclusiones a las que se ha llegado con este proyecto.

En la *ilustración 3* se puede observar el esquema de la morfología de diseño a seguir que se ha definido en este apartado.



**Ilustración 3. Morfología**

Por lo tanto, debido al tipo de producto que se va a diseñar y sus características propias, la morfología a seguir será la que se ha definido en este apartado. El resultado de todo esto será la obtención de un producto lo más eficiente posible que satisfaga las necesidades de los usuarios.



## 4. Estudio de mercado

El punto de partida para diseñar un producto con éxito es el estudio de las necesidades concretas que existen en el mercado sobre dicho producto. El conocimiento y el poder llegar a comprender estas necesidades, se consigue mediante la investigación de los campos relacionados con el área en la que se encuentra enmarcado el producto a diseñar. Esto supone una gran ventaja competitiva respecto al resto de los productos de la competencia, y el objetivo es conseguir un producto que cumpla las especificaciones y que satisfaga a los futuros clientes y usuarios. Por lo tanto, mediante este estudio de mercado se busca conocer la realidad del producto.

Una vez recogida la información necesaria se emplearán técnicas de análisis para sacar partido de ella.

### 4.1 DEFINICIÓN DEL MERCADO

El conocer el mercado es tan importante como conocer el producto a diseñar. Lo primero que hay que definir es el área del mercado al que se va a acceder mediante este producto, hay que tener en cuenta que éste estará influenciado por distintos campos. Para poder llegar a satisfacer a los usuarios del producto a diseñar es vital conocer sus características y necesidades.

En el caso del recogedor del cobertor de verano, los usuarios serán las personas que vayan a utilizar la piscina elevada o se hagan cargo de su mantenimiento. Por lo tanto, los clientes potenciales serán usuarios particulares, comunidades de vecinos u otras asociaciones que dispongan de piscinas desmontables elevadas de las características citadas en apartados anteriores. También se consideraran futuros clientes a cualquier persona que tuviese intención de adquirir este tipo de piscinas.

Este producto se comercializaría en España, ya que precisamente en ese país es donde el mercado de las piscinas y sus accesorios tiene ya un gran peso, y por lo tanto existen mayores posibilidades de éxito y viabilidad. No se puede olvidar que el tipo de recogedor que busca diseñar este proyecto sólo será válido para un tamaño determinado de piscinas, si resulta ser un diseño de éxito posteriormente podrían llegar a modificarse las medidas (principalmente la anchura) y hacer frente a una mayor demanda de recogedores para piscinas de otras dimensiones.

A pesar de que la situación económica actual en España no sea buena, hay ya un gran número de usuarios de piscinas desmontables en domicilios particulares o comunidades de vecinos donde los usuarios residen habitualmente, o incluso en residencias de periodo vacacional. Otro punto a favor de establecer el mercado de este recogedor de cobertor de verano en España, es su clima, ya que gracias a éste se hace gran uso de estas piscinas durante toda la temporada de verano y en algunas regiones situadas al sur incluso durante casi todo el año.

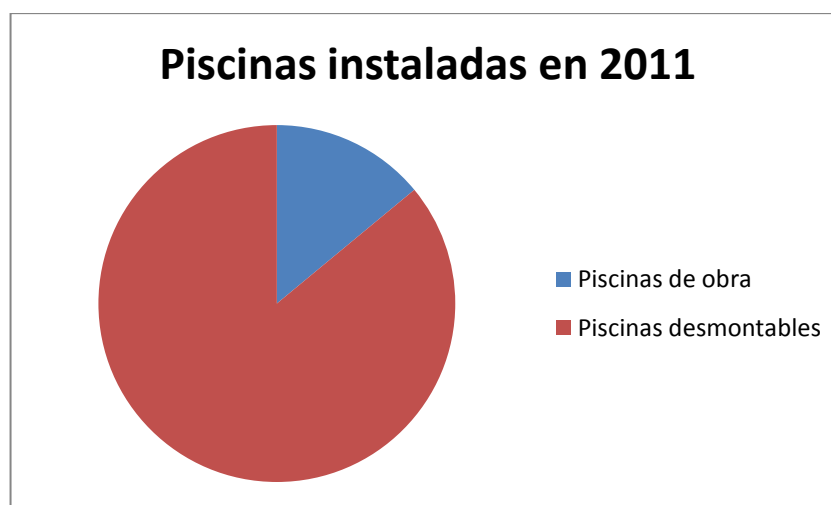
## 4.2 ESTUDIOS DE INTERÉS

Como indicativo de esa tendencia citada en el apartado anterior de España a ser uno de los mejores países en cuanto a las ventas de piscinas y sus accesorios, según el informe de la *Federación de Asociaciones de Fabricantes de Equipos y Constructores de Piscinas, Saunas y Spas*, a finales del 2011 se disponía de estos datos relacionados con el mercado de las piscinas:

- El parque de piscinas privadas unifamiliares en España es de 1,1 millones de piscinas
- La tasa de penetración de piscinas en España es del 4.6% (número de piscinas respecto al número total de viviendas unifamiliares)
- El volumen de mercado en cifras de negocio es de 1190 millones €, de los cuales la cifra de exportación es de 425 millones €

En estos datos de este estudio se puede observar la solidez del mercado de las piscinas en España. El informe añade que se espera mantener esos valores en los próximos 4-5 años a pesar de la crisis, es decir, hasta finales del 2015 o 2016. Aunque mediante el recogedor a diseñar sólo puedan cubrirse la necesidad para unas piscinas de determinado tamaño, éste resulta ser un mercado con muchas posibilidades actuales y futuras.

En la *ilustración 4*, se ofrecen los datos porcentuales sobre las piscinas de obra y las desmontables instaladas en 2011:



**Ilustración 4. Porcentaje piscinas instaladas**

Por otro lado, como contrapartida de la solidez de este mercado, España ha sido castigada, y aun lo está siendo, por la crisis económica actual, la cual ha tenido mayores efectos de lo que inicialmente se creía que podría llegar a tener. Según los datos del Ministerio de Empleo y Seguridad Social, España ha sufrido una de las mayores caídas de poder adquisitivo desde hace casi tres décadas. Esto se debe a la diferencia entre la variación salarial y la variación interanual del IPC (Índice de Precios al Consumidor). En

los estudios se muestra que quienes salen peor parados son los ciudadanos de bajo poder adquisitivo, seguidos por los de medio poder adquisitivo.

En la *ilustración 5* se puede observar la variación del IPC junto a la variación salarial en España desde 1982 hasta septiembre del 2012 según el Ministerio de Empleo y seguridad social.

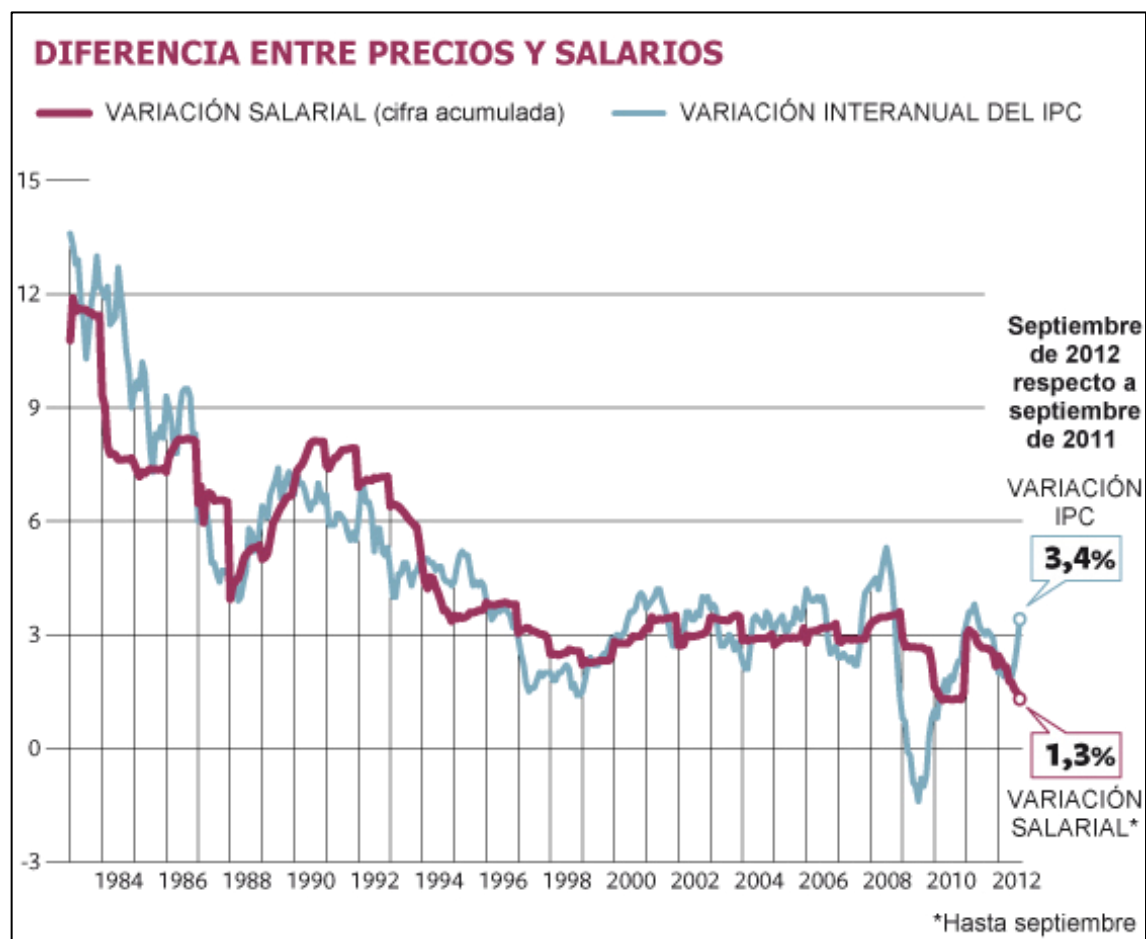


Ilustración 5. Variación IPC y variación salarial

Por lo tanto, los datos obtenidos mediante estos estudios, hacen ver al tipo de mercado al que se va a enfrentar este nuevo producto y a su vez las tendencias de este mercado de las piscinas y sus accesorios.

### 4.3 SEGMENTACIÓN DEL MERCADO

Una vez definido el mercado potencial, se definirán las variables de segmentación del mercado. Mediante esta segmentación se conseguirá hacer grupos homogéneos en un todo heterogéneo. Posteriormente, mediante la información que se obtenga en este apartado quedará identificado el segmento al que se dirigirá el producto, por lo que al hacer el diseño del mismo se tendrán en cuenta y se valorarán las características que corresponden a dicho segmento.

Los criterios de segmentación que se consideran de mayor relevancia son los siguientes:

- ✓ **Geográficas:** el producto se comercializará en España, con posibilidades de ampliación a futuro
- ✓ **Socioeconómicas:** lo más probable es que el producto sea adquirido por personas de un poder adquisitivo medio-alto, la adquisición de personas de poder adquisitivo bajo será casi inexistente
- ✓ **Psicográfica:** los usuarios serán personas que tengan piscina, por lo tanto generalmente dispondrán de una vivienda con jardín o terraza, o serán personas con segunda vivienda de uso en periodo vacacional
- ✓ **Demográficas:** se espera que este producto sea adquirido principalmente por personas de una edad comprendida entre 30-55 años, estos compradores, sobre todo los que residan con su familia (niños o hijos viviendo en casa), tienen gran probabilidad de adquirir este producto
- ✓ **En función a los beneficios:** se tendrá en cuenta los beneficios que aportarán a este producto los clientes o cada tipo de cliente
- ✓ **Ocasión de uso:** este producto se utilizará durante todo el verano o periodo vacacional, con posibilidad de que en algún caso se utilice durante todo el año (regiones del sur con clima cálido)
- ✓ **Lugares de adquisición del producto:** se diferenciarán entre clientes que acuden a tiendas especializadas de piscinas y accesorios, o la venta mediante internet.

#### 4.4 LEGISLACIÓN Y NORMATIVA

A la hora de desarrollar el diseño, éste puede venir fuertemente condicionado por las restricciones impuestas por la legislación y normativa que afectan al producto. En el caso de este proyecto, las piscinas de este tipo son de uso particular o comunitario, se carece de una reglamentación o normativa bien definida.

A pesar de que no haya una normativa que haga mención exclusiva a este tipo de recogedores, al diseño y desarrollo del enrollador de cobertor de verano que se busca le afectan las siguientes normas UNE Estándares Europeas y la siguiente regla aprobada en el Boletín Oficial del Estado:

- ✓ *Equipamiento para piscinas. Parte 1: Requisitos generales de seguridad y métodos de ensayo (UNE-EN 13451-1)*
- ✓ *Equipamiento para piscinas. Parte 11: Requisitos específicos de seguridad y métodos de ensayo adicionales para suelos móviles de piscina y paneles móviles (UNE-EN 13451-11)*

✓ Únicamente para piscinas con climatización: *RITE (Reglamento de instalaciones Térmicas en los Edificios)*

La UNE es una especificación técnica de ampliación repetitiva o continuada cuya observancia no es obligatoria, es decir, ésta es de aplicación voluntaria y necesita ser certificada por una de las entidades certificadoras.

En el caso del reglamento, éste es una norma jurídica que desarrolla el contenido de una ley, pero como ya se ha mencionado solamente afecta al caso de las piscinas con sistema de climatización.

En este proyecto se tendrán en cuenta los contenidos de estas normas y reglamento que se han citado durante todo el proceso, no obstante estos afectarán en mayor medida en las etapas de diseño conceptual, preliminar y en detalle.

#### 4.5 ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE LA COMPETENCIA

Solamente hay tres productos de la competencia que ayudan a recoger el cobertor flotante de verano de piscinas desmontables elevadas. Sin embargo, como se podrá ver más adelante, para las piscinas de obra o enterradas, existe una variedad más amplia. Mediante el análisis de estos productos se pretende entender el mercado actual y hacer una valoración de los mismos para ver las carencias, ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

Se comenzará analizando los productos que están dirigidos a las piscinas desmontables elevadas, ya que precisamente éstas son el tipo de piscinas que se quieren abordar con este producto.

##### 1) *Mr Pool 40135*

Este enrollador de cubiertas puede cubrir piscinas de una anchura de hasta 6.5 m, puede cubrir hasta cualquier altura ya que se instala en las playas de la piscina. Es manual y funciona mediante manivela. Tiene un freno para poder bloquear el tubo giratorio.

*Precio: 270€*



Ilustración 6. Mr Pool 40135

*Ventajas:*

- Cubre una gran anchura
- Fácil instalación
- Enrollable por una sola persona
- Posición de frenado

*Desventajas:*

- Las placas van atornilladas
- Disminuye espacio de baño, y si se retira es pesado y el recogedor junto al cobertor necesita mucho espacio para ser guardado
- La barra puede coger demasiado peso si el cobertor es grande
- Para retirarlo hace falta más de una persona
- En invierno habría que retirarlo para poder poner la cubierta de invierno

**2) Pared manual (Piscinas Pro)**

Este enrollador de cubiertas puede cubrir piscinas de una anchura de entre 4-7m (tres modelos dependiendo de la anchura o a medida para cualquier anchura), se puede poner a la altura deseada en cualquier pared. Es manual y funciona mediante manivela.

*Precio:* 495€



**Ilustración 7. Enrollador de pared**

*Ventajas:*

- Fácil instalación
- No estorba ni para el caso de la piscina ni a sus alrededores por estar sujeto a una pared
- No hay que retirar en invierno
- Más robusto que el anterior

*Desventajas:*

- Se requiere una pared para atornillarlo (la piscina tiene que estar instalada al lado de una pared)
- Precio elevado

## 2) *Tubo enrollador Hors-sol (Iaso)*

Este accesorio no es un enrollador en sí, pero sí que facilita al usuario la recogida, extendido y el almacenaje del cobertor. La largura del tubo depende del tamaño de la piscina y existen hasta cuatro tamaños.

*Precio:* 60€



Ilustración 8. Hors-sol

### *Ventajas:*

- No requiere ninguna instalación
- Una vez extendido el cobertor el enrollador se puede guardar en cualquier lugar sin que el enrollador suponga un estorbo
- Es barato

### *Desventajas:*

- Si se retira junto al cobertor es pesado y el cobertor necesita un lugar adecuado para ser guardado
- No es una solución real ya que hay que enrollarlo y desenrollarlo manualmente
- No se puede manipular con facilidad

A continuación se presentaran los enrolladores ya existentes en el mercado para el caso de las piscinas de obra o enterradas, a pesar de que la mayoría de ellas no sirvan para las piscinas en las que se pretende cubrir esta necesidad. No obstante, estos productos servirán como base a la hora de realizar el diseño del recogedor para piscinas desmontables.

En la *ilustración 9* se pueden ver algunos de estos tipos de enrolladores de los que se habla a continuación.





Ilustración 9. Recogedores de piscinas de obra

1) **De pared:** en este caso es el mismo que existe en el mercado de las piscinas desmontables. Pero en este caso también se dispone de recogedores con motor. La largura del cilindro del recogedor tiene que ser comunicada al vendedor dependiendo de la anchura de la piscina.

2) **Columna:** hay que atornillar las columnas al suelo, el recogedor puede ser manual o motorizado. Los enrolladores manuales tienen cilindros de enrollle telescópicos, en los motorizados hay que comunicar la anchura de la piscina al vendedor.

3) **Recogedor móvil:** en este caso no hay que atornillar el recogedor al suelo, y éste se puede mover a cualquier lugar, ya que dispone de ruedas. La recogida es manual (mediante una rueda) y se extiende mediante una barra extendedora que cuenta con unas pequeñas ruedas que giran y se apoyan en los bordes de la piscina. Este recogedor se muestra en la *ilustración 10*.



Ilustración 10. Recogedor móvil

A pesar de que existan recogedores de motor, la mayoría de recogedores del mercado son manuales. Los motorizados sólo se pueden adquirir en tiendas especializadas y hay que



comunicar la anchura de la piscina para que el cilindro del recogedor sea del tamaño adecuado, es decir, se compran a medida. Por eso, en el caso de estos últimos el precio depende de las dimensiones de las piscinas, pero el coste es considerablemente más elevado.

#### 4.6 ANÁLISIS MATRICIAL

Esta técnica permite comparar todos los productos de la competencia que se han citado en el punto anterior mediante la construcción de una única matriz.

En el eje vertical de la matriz se muestran las características comparables de dichos recogedores, y en el eje horizontal se mostrarán los distintos modelos existentes en el mercado. Mostrando las características que tiene cada modelo, posteriormente se crea una suma (número de modelos que cumplen esa función o tienen esa característica) para cada una de las características. De esta manera se descubrirá qué características son más comunes, cuáles las menos comunes y qué huecos existen para poder diferenciar el producto que se va a diseñar.

Se compararán tanto los recogedores de piscinas desmontables elevadas como los de piscinas enterradas, ya que la función es la misma y podemos ver que se oferta en el mercado de los recogedores independientemente del tipo de piscina en el que se puedan instalar. La matriz funciones-competencia que se obtiene es la siguiente:

| Nº |                             | Mr Pool 40135 | Piscinas Pro Pared Manual | laso tubo enrollador Hors-sol | Enrollador columna manual | Enrollador columna motor | Enrollador Pared motor | Recogedor móvil | Total | %         |
|----|-----------------------------|---------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------|-------|-----------|
| 1  | Apoyos de plástico          | X             |                           |                               |                           |                          |                        | X               | 2     | <b>29</b> |
| 2  | Apoyos de aluminio          |               | X                         |                               | X                         | X                        | X                      | X               | 5     | <b>71</b> |
| 3  | Sin apoyos                  |               |                           | X                             |                           |                          |                        |                 | 1     | <b>14</b> |
| 4  | Manivela                    | X             | X                         |                               |                           |                          |                        |                 | 2     | <b>29</b> |
| 5  | Rueda giratoria             |               |                           |                               |                           |                          |                        | X               | 1     | <b>14</b> |
| 6  | Con motor                   |               |                           |                               |                           | X                        | X                      |                 | 2     | <b>29</b> |
| 7  | Manual                      | X             | X                         |                               | X                         |                          |                        | X               | 4     | <b>57</b> |
| 8  | Totalmente manual           |               |                           | X                             |                           |                          |                        |                 | 1     | <b>14</b> |
| 9  | Altura regulable            | X             | X                         | X                             |                           |                          | X                      |                 | 4     | <b>57</b> |
| 10 | Anchura regulable           | X             |                           |                               |                           |                          |                        | X               | 2     | <b>29</b> |
| 11 | Anchura a medida o a elegir |               | X                         | X                             | X                         | X                        | X                      |                 | 5     | <b>71</b> |

|    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |           |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------|
| 12 | Manipulable por una sola persona                  |   | X |   | X | X | X | X | 5 | <b>71</b> |
| 13 | Fijo  | X | X |   | X | X | X |   | 5 | <b>71</b> |
| 14 | Móvil   |   |   | X |   |   |   | X | 2 | <b>29</b> |
| 15 | Ocupa parte del vaso de la piscina                | X |   | X |   |   |   |   | 2 | <b>29</b> |
| 16 | Al enrollar el cobertor queda recogido            |   | X |   | X | X | X | X | 5 | <b>71</b> |
| 17 | No hay que retirar en invierno                    |   | X |   | X | X | X |   | 4 | <b>57</b> |
| 18 | Posición de frenado                               | X |   |   |   | X | X | X | 3 | <b>43</b> |
| 19 | Amarre mediante cintas móviles                    | X | X |   | X | X | X | X | 6 | <b>86</b> |
| 20 | Manipulación ergonómica                           | X | X |   |   | X | X |   | 4 | <b>57</b> |
| 21 | Accesorio para facilitar extensión                |   |   |   | X | X |   |   | 2 | <b>29</b> |
| 22 | Evitar caída de porquerías al recoger el cobertor |   |   | X |   |   |   |   | 1 | <b>14</b> |
| 23 | Incluye cintas conectoras                         | X |   |   |   |   |   | X | 2 | <b>29</b> |

Observando los porcentajes podemos ver cuáles son las características más comunes en los modelos de recogedores que más se comercializan, y al mismo tiempo detectar carencias. Esta información se utilizará a la hora de diseñar el nuevo producto.

## 5. DAFO

Este análisis es un método sencillo y eficaz para hacer un diagnóstico de la organización, o en este caso de los creadores o del equipo del proyecto y de la situación del proyecto en sí. Para poder tomar decisiones estratégicas adecuadas es necesario realizar este diagnóstico obteniendo así un futuro prometedor para el producto que se quiere diseñar. Al mismo tiempo, esta herramienta será de gran ayuda para plantear acciones a poner en marcha para aprovechar las oportunidades detectadas y prepararse ante las posibles amenazas teniendo en cuenta las debilidades y fortalezas. Para este análisis se tendrán en cuenta dos pilares básicos: análisis interno y externo.

El objetivo principal es encontrar los factores estratégicos críticos para poder usarlos adecuadamente y al mismo tiempo apoyarse en ellos para consolidar fortalezas, minimizar debilidades, y como ya se ha dicho aprovechar las oportunidades existentes e intentar reducir las amenazas.

### Análisis externo

Las áreas más importantes que tienen un gran peso en esta parte del análisis DAFO son las siguientes: el mercado actual, el sector y la situación o productos de la competencia directa.

#### ➤ Oportunidades

La oportunidad que más se puede resaltar es la escasa oferta existente de recogedores para piscinas elevadas, hay pocos modelos y no ofrecen ni la variedad ni la comodidad que ofrecen los distintos modelos de recogedores de piscinas de obra. Por lo que se puede decir que en este sector los modelos que hay son muy mejorables y se puede realizar un producto que cubra necesidades secundarias que no cubren los modelos ya existentes.

Otra de las oportunidades es la consolidación de la que goza el sector de las piscinas y sus accesorios en el mercado español. Como ya se ha verificado, hay un gran número de piscinas desmontables ya instaladas en viviendas o comunidades de vecinos. Además hay muchas tiendas especializadas que venden productos para piscinas y también diversos portales en internet con el mismo propósito.

Como se ha comentado anteriormente en establecer el mercado de venta en España es una gran ventaja debido a su clima, ya que en verano en general los días son agradables para el baño pero las temperaturas de la noche hacen que la temperatura del agua tienda a enfriarse. Por lo que el producto sería de gran utilidad para los usuarios de piscinas de este mercado.

#### ➤ Amenazas

Una de las amenazas más latentes actualmente es la situación económica que atraviesa el mercado español. El índice de consumo ha caído respecto al de hace unos años y eso ha afectado negativamente a casi todos los sectores del mercado. A pesar de que el producto a diseñar está dirigido a personas con nivel adquisitivo medio-alto, la crisis actual ha

repercutido a personas de cualquier nivel adquisitivo aunque no por igual en todos los niveles. Por lo tanto, se considera que el precio será un factor clave a la hora de poder vender el producto.

Otra posible amenaza es que el usuario no se anime a comprar el producto por desconocimiento del mismo o por no cambiar sus hábitos de uso de la piscina. Ya que a pesar de que la gran mayoría de los usuarios de piscinas particulares posee cobertores de verano, en el caso de las piscinas desmontables elevadas actualmente la mayoría de los usuarios no dispone de ningún tipo de enrollador.

### **Análisis interno**

En el análisis interno hay que tener en cuenta la situación en la que está el equipo encargado de desarrollar el producto, en ella se incluyen principalmente: estrategia, personas, recursos y procesos.

#### **➤ Fortalezas**

Se dispone de la información necesaria para poder ser conscientes del mercado actual y para analizar productos de la competencia que sirven para recoger cobertores en el caso de piscinas de obra. De la misma manera se tiene conocimiento teórico del estudio, desarrollo y diseño de productos que se va a llevar a cabo por lo que se dispone de muchos recursos para poder llevar adelante este proyecto con éxito.

En la misma medida, siendo internet uno de los medios de venta más utilizado actualmente, mediante la venta por internet se incrementarían las oportunidades de venta y expansión, por lo que al tener conocimiento de la utilización de estos medios, dicho conocimiento es una gran fortaleza. La venta a tiendas especializadas de accesorios para piscinas podría ser otra posibilidad, y como se sabe que empresas están consolidadas en este mercado, esto también se convierte en una fortaleza.

#### **➤ Debilidades**

Una de las principales debilidades es que a pesar de tener la información necesaria para realizar el desarrollo de este proyecto, no se dispone de experiencia en el campo real de este tipo de diseño.

Por otra parte el no disponer de ninguna otra gama de productos puede suponer una desventaja a la hora de competir en el mercado. Por lo que habría que crear alianzas y contactos con empresas.

### **Resultados del análisis**

Una vez realizado el análisis DAFO, teniendo en cuenta las posibles oportunidades y amenazas y las fortalezas y debilidades que se han detectado, ahora hay que definir la estrategia a seguir.

Esta estrategia será, por un lado, la creación de un producto que tenga aspectos que resalten positivamente sobre la competencia, es decir, diseñar un producto con aspectos diferenciadores favorables respecto al resto de los modelos. Y por otra parte, la búsqueda

de clientes que resulten más rentables y centrarse en estos. A pesar de que no llegue a un gran número de clientes habrá que buscar los que sí vayan a comprar y que den una buena rentabilidad.

## 6. Especificaciones del diseño del producto

Del planteamiento de la necesidad y del análisis de la información obtenida en el estudio de mercado, se formularán las especificaciones u objetivos del diseño del producto. Éstas serán las directrices a seguir durante el resto del proceso de diseño. Mediante estas especificaciones se busca hacer las cosas bien desde el principio para no tener que retroceder, por lo tanto, actúan como un medio control y al mismo tiempo establecen los límites en el diseño.

En este apartado, al establecer unas especificaciones de diseño, se permite al equipo de diseño conocer para quien se está diseñando el producto, el tipo de diseño, las características más adecuadas y las limitaciones del mismo. Para ello se utilizará el método RED, y posteriormente, mediante el método FAST, donde se determinará la lógica entre las funciones obtenidas.

Al final, se obtendrá el Pliego de Condiciones Funcional que servirá como una definición clara del producto que se busca.

### Cómo definir las especificaciones

A la hora de definir las especificaciones, y por lo tanto el producto en sí, se debe dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ✓ ¿A quién va dirigido este producto?
- ✓ ¿Qué sabemos de los clientes?
- ✓ ¿Cuáles serán las ventajas competitivas del producto?
- ✓ ¿Qué necesidades satisfará el producto? ¿Qué prestaciones tendrá?
- ✓ ¿Qué vida mínima tendrá? ¿Cuál es el ambiente de uso?
- ✓ ¿Cuál será el precio del producto?

Como ya se ha comentado anteriormente, para poder responder y definir todas estas cuestiones, la técnica que se utilizará en primer lugar en este proyecto para poder llegar al Pliego de Condiciones Funcional será el método RED del producto adecuado de Robert Tasinari.

### 6.1 MÉTODO RED

En el método RED se identifican y se estudian todos los campos que influyen sobre el producto o son influidos por éste con el fin de lograr un Pliego de Condiciones Funcional (PCF). En él se definen las funciones y los requerimientos del producto, es decir, las características a cumplir por el producto. El objetivo de este método es definir correctamente el producto deseado (satisfaciendo así las necesidades de los clientes) y

posteriormente acertar en el Pliego de Condiciones Funcional. Por lo tanto, se busca un producto competitivo y de calidad.

En este método se diferencian seis etapas principales en las que se abordan las siguientes cuestiones:

- ✓ Búsqueda intuitiva
- ✓ Ciclo vital y entorno
- ✓ Método SAFE
- ✓ Examen de movimientos y esfuerzos
- ✓ Análisis de productos de referencia
- ✓ Uso de las normas y reglamentos

La definición de estos puntos lleva a la obtención de los requerimientos funcionales del producto a diseñar.

### **Etapas 1: BÚSQUEDA INTUITIVA**

Mediante esta etapa pueden llegar a estar definidas hasta el 60% de las funciones del producto a diseñar, para ello se toma como punto de partida la información obtenida en el estudio de mercado que se ha realizado anteriormente.

Se definirán las especificaciones básicas del producto mediante el siguiente plan de trabajo: relación de los objetivos, examen de la documentación, búsqueda de funciones, crítica, formulación, definición de las características y para posteriormente anotar esta información al Pliego de Condiciones Funcional (PCF).

#### **➤ Objetivos:**

- Manejabilidad y funcionalidad
  - ✓ Fácil de usar
  - ✓ Cómodo y sencillo
  - ✓ Ergonómico
  - ✓ Rápido
  - ✓ Que no interfiera en el uso habitual de la piscina
  - ✓ Altura de la piscina
  - ✓ Fácil mantenimiento
  - ✓ Limpio
  - ✓ El cobertor tiene que estar en contacto con el agua de la piscina siempre que esté extendido
  - ✓ Que el cobertor esté bien sujeto al enrollador
  - ✓ No ruidoso
- Seguridad
  - ✓ Seguro para los usuarios
  - ✓ Estable
  - ✓ Resistente
  - ✓ Robusto

- ✓ Evitar esquinas que puedan suponer un peligro
- ✓ Fiable
- ✓ Que no sea un estorbo para el perímetro exterior de la piscina
- ✓ Evitar atrapamientos o que algo se enganche
- Características estéticas
  - ✓ Bonito
  - ✓ Estética acorde con la piscina
  - ✓ Recogido y lo más compacto posible
- **Funciones principales:**
  - Recoger el cobertor
  - Extender el cobertor
  - Mantener guardado el cobertor cuando está enrollado (cuando se está utilizando la piscina o en invierno)
  - Mantener limpia la piscina
- **Medidas obtenidas gracias a la documentación:** en este caso sabemos las medidas de las piscinas donde se quieren instalar por lo que la medida del tubo tiene que cumplir con estas características:
  - Altura: 1.2 m aproximadamente
  - Anchura: 3 m aproximadamente
  - El espesor del cobertor flotante de verano es de 6 mm
  - La largura del cobertor será de entre 4.75 y 8.50 m

## Etapa 2: CICLO VITAL Y ENTORNO

Primeramente hay que determinar las etapas de la vida del producto que se busca. El ciclo vital del producto empieza desde que éste se válida y sale al mercado, es decir, desde el momento en el éste que se empieza a vender, y se termina cuando se retira del mercado por cualquiera de los motivos que sea. Estos motivos pueden ser tales como la obsolescencia, fracaso del producto o pérdidas económicas.

También hay que tener en cuenta el entorno al que va a ser expuesto este producto durante sus años de vida útil.

- **Ciclo vital:** durante el ciclo vital de este producto se darán las situaciones que se muestran a continuación:
  - *Empaquetamiento, almacenaje y transporte:* embalaje y caja adecuada tanto para almacenar como para su posterior transporte sin que el producto sufra daños (deterioro, golpes...). Se facilitará el almacenamiento y transporte del mismo.
  - *Montaje:* el montaje tiene que ser fácil y rápido tanto para los técnicos como para los usuarios que hayan decidido montarlo por ellos mismos.



- *Durante su uso o vida de servicio:* se diferenciarán tres estados distintos, el primero es cuando la piscina está siendo utilizada y por tanto el cobertor enrollado, el segundo cuando el cobertor está extendido sobre la piscina (piscina sin utilizar) y el tercero cuando el enrollador está en funcionamiento, es decir, durante la recogida o extensión del cobertor.
  - Durante la recogida y extensión tiene que ser: ergonómico, de fácil uso, cómodo, seguro, estable y mantenerse limpio
  - Cuando el cobertor está enrollado: proteger el cobertor, no interferir en el funcionamiento habitual de la piscina y mantenerse limpio
  - El cobertor extendido: seguro y estable
- *Desmontaje y retirada:* es conveniente que los materiales de los que está compuesto el producto no sean nocivos para el medio ambiente y que sean reciclables siempre que sea posible.

La vida de servicio, es decir, la duración del periodo de uso, que se quiere conseguir con este diseño es al menos el mismo que el de las piscinas desmontables elevadas, ya que este producto es un accesorio de las mismas.

➤ **Entorno:** conocer el entorno exterior al que se va a enfrentar el producto durante su uso es tan importante, como conocer el entorno interior del mismo. El producto estará fijo, ya que nunca se moverá, en un entorno fijo y en la mayoría de los casos su uso será ocasional.

- *Entorno interior:* el elemento más importante que se encuentra en el interior será el tubo que haga de enrollador, éste ha de ser robusto y rígido, y tiene que estar fijado correctamente. Por otro lado todo el interior debe estar preparado para enfrentarse a un entorno húmedo, y se deben tomar medidas para evitar la corrosión y oxidación del producto.
- *Entorno exterior:* en este caso éste elemento estará instalado en instalaciones exteriores, como pueden ser jardines o patios. Por lo tanto el ambiente al que va a estar expuesto será el siguiente:
  - Rango de temperaturas: -10 °C / 50 °C
  - Humedad
  - Suciedad (hojas, polvo)
  - Posible corrosión y oxidación
  - Uso indebido: golpes o posibles cargas

El producto se debe adaptar a los elementos o condiciones del entorno que se han citado.

### Etapa 3: METODO SAFE (Sequential Analysis of Functional Elements)

En esta etapa, también conocida como Análisis Secuencial de Elementos Funcionales, se buscarán las funciones del producto mediante el estudio de su gama de operaciones o secuencias de su ciclo vital. En el caso del enrollador del cobertor, se han identificado cuatro secuencias diferentes.

Tras el montaje inicial, el producto se somete a la gama de operaciones que se puede ver en la *ilustración 11*.

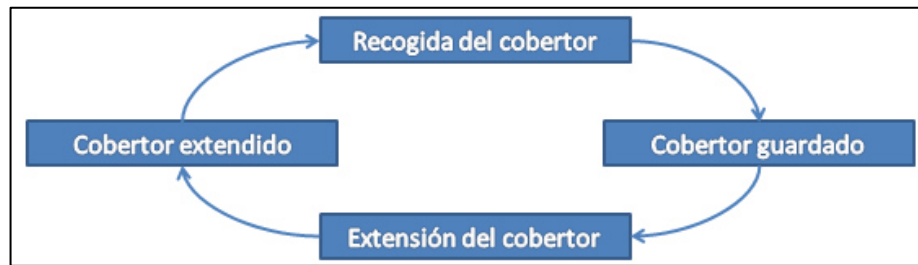


Ilustración 11. Gama de operaciones

- **Cobertor extendido:** el cobertor estará flotando sobre el agua de la piscina, tiene que permanecer en ese estado hasta que el usuario decida recogerlo. Tiene que ser estable y no se tiene que dar el recogido del cobertor hasta que el usuario así lo desee.
- **Recogida del cobertor:** es el momento donde el usuario decide hacer uso de la piscina y decide enrollar el cobertor. Tiene que permitirse la recogida del cobertor de verano por una sola persona de manera sencilla y cómoda. Esta acción tiene que ser segura y el cobertor ha de recogerse sin ser dañado. Se manchará la piscina lo menos posible.
- **Cobertor guardado:** es el estado en el que se está haciendo uso de la piscina, por lo que el cobertor se mantiene enrollado. Tiene que estar guardado de manera compacta y segura sin que éste pueda ser dañado. Además no se debe permitir la extensión involuntaria del cobertor. En este caso el producto no debe interferir en el uso habitual de la piscina ni suponer un estorbo para los usuarios de ésta.
- **Extensión del cobertor:** es el momento donde el usuario decide extender el cobertor por el cese del uso de la piscina. Al igual que en el caso de la recogida del cobertor, tiene que permitirse la extensión del mismo por una sola persona de manera sencilla y cómoda. También ha de ser seguro y la extensión del cobertor se tiene que llevar a cabo sin que éste sufra ningún daño.

Definiendo esta gama de operaciones se puede ver cómo tiene que funcionar el producto y las características que se tienen que cumplir en el ciclo de uso del producto que se quiere diseñar.

#### Etapa 4: EXAMEN DE MOVIMIENTOS Y ESFUERZOS

Se citarán los distintos movimientos y los esfuerzos que tiene que soportar el producto, con el fin de obtener una buena resistencia mecánica del producto a diseñar.

➤ **Movimientos:** en el caso de este producto, solamente hay dos casos en los que se da movimiento. Uno de ellos es a la hora de recoger el cobertor, donde el tubo que se encarga de enrollar el cobertor girará en sentido opuesto a las agujas del reloj, y otro a la hora de extender el cobertor, donde el tubo girará en sentido a las agujas del reloj. Sólo sufrirán movimiento el tubo y el mecanismo que lo haga girar, y al mismo tiempo el cobertor.

➤ **Esfuerzos:** los esfuerzos o solicitaciones a los que puede estar sometido el recogedor durante su uso son las siguientes:

- El esfuerzo que sufrirá al arrastrar el cobertor para su recogida
- El esfuerzo que se hace al extender el cobertor
- El soportar el peso del cobertor cuando éste está recogido
- Posibles esfuerzos o cargas por condiciones climatológicas adversas (datos obtenidos de las tablas de la *Norma Básica de la Edificación "NBE-AE/88. Acciones en la edificación"*):
  - Fuertes vientos: 110 km/h
  - Nevadas: 80 kg/m<sup>2</sup>
- Posible rozamiento de giro del tubo
- Posibles esfuerzos horizontales o verticales por uso indebido

A la hora de considerar estos esfuerzos, se tendrá en cuenta el peso que tiene el cobertor, que está hecho de polietileno, su peso en gramos por metro cuadrado es de 440.

#### Etapa 5: ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE REFERENCIA

En esta etapa se tomarán los datos característicos de otros productos como referencia, estos ayudarán a generar nuevas ideas y completar mejor el diseño. Mediante estos productos se aportarán ideas, utilidades o simplemente pequeños detalles que ayuden a mejorar el nuevo diseño.

Al no disponer de una gama de productos propios, los productos que servirán como referencia serán algunos de los que ya se citaron en el estudio de mercado realizado, en

este apartado se intentarán remarcar las características más importantes y se añadirán otros datos de interés. Dichos productos se muestran en la *ilustración 12*.

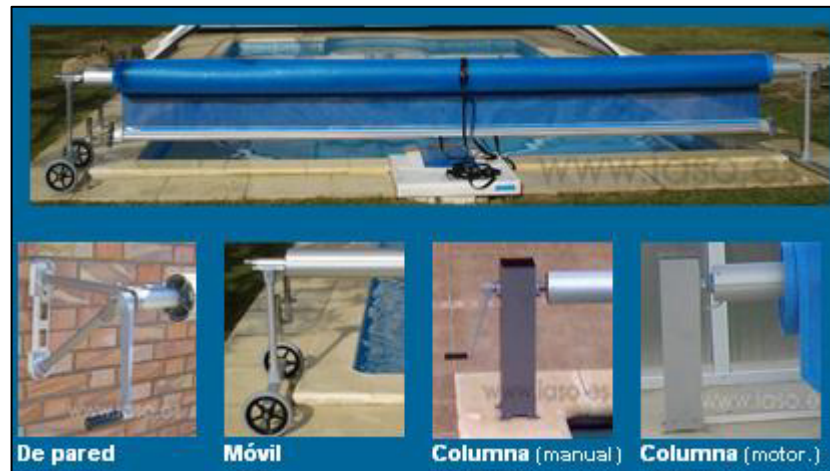


Ilustración 12. Otros productos de la competencia

- ***Mr Pool 40135:***
  - Enrollador de aluminio
  - Anchura regulable
  - Anclaje en las playas de la piscina
  - Dispositivo de freno
- ***Pared manual (Piscinas Pro):***
  - Soporte pletina de fundición de aluminio
  - Carga máxima 75 m<sup>2</sup> de cobertor
  - Tubo Ø 119 mm
  - Anchura variable
- ***Tubo enrollador Hors-sol:***
  - Tubo de aluminio
  - No es un mecanismo, totalmente manual
- ***Recogedor de pared (Iaso):***
  - Manual o motor
  - Soportes de fundición de aluminio
  - Motor tubular (en caso del modelo con motor)
- ***Recogedor de columna piscinas enterradas (Iaso):***
  - Manual o motor
  - Pies de perfil de aluminio y bases de anclaje en inoxidable
  - Cojinetes oscilantes de bolas
  - Carga máxima 300 m<sup>2</sup> de cobertor

➤ ***Recogedor móvil piscinas enterradas (Iaso):***

- Cilindro de enrollle telescópico
- Cilindro de aluminio anodizado
- Dispositivo de freno

Se ha reunido toda la información importante acerca de estos productos que servirán de referencia.

## **Etapas 6: USO DE LAS NORMAS Y REGLAMENTOS**

En esta etapa se revisarán las normas y reglamentos existentes, estos pueden suponer especificaciones o restricciones en el diseño a realizar.

Como ya se ha comentado en el estudio de mercado, en el caso de las piscinas desmontables, no existe una normativa amplia, ya que, este tipo de piscinas suelen ser de uso privado. Es por ello por lo que se considera que las normas las impone el propio usuario y en el caso de comunidades de vecinos, la misma comunidad.

Las normas UNE que han de cumplirse son:

✓ ***Equipamiento para piscinas. Parte 1: Requisitos generales de seguridad y métodos de ensayo (UNE-EN 13451-1)***

En esta norma hay requisitos de seguridad que habrá que cumplir en este diseño. Estos son los campos donde habrá que asegurarse que se cumple lo que esta norma indica:

- Integridad estructural: evaluar la integridad estructural y tener en cuenta los materiales
- Espacio mínimo: hay que indicar el espacio mínimo necesario
- Superficies: acabado de las superficies y materiales
- Bordes y esquinas

✓ ***Equipamiento para piscinas. Parte 11: Requisitos específicos de seguridad y métodos de ensayo adicionales para suelos móviles de piscina y paneles móviles (UNE-EN 13451-11)***

Esto no va a suponer ninguna restricción en el caso de este diseño, porque esta norma ya la cumplen los cobertores flotantes de verano, y como éste es el panel móvil que se va a emplear, esto no va a suponer ningún cambio en el diseño que se plantee

En el caso de que la piscina desmontable elevada, esté dotada de algún sistema de climatización, habrá que cumplir el reglamento que aparece en el BOE: *RITE (Reglamento de instalaciones Térmicas en los Edificios)*. En este reglamento se hace referencia al calentamiento de agua de piscinas climatizadas, ahí hay que cumplir una exigencia de higiene, y además se hará lo posible por el ahorro energético a la hora de calentar estas piscinas. Es decir, dotando el producto de los materiales adecuados, se cumpliría este reglamento ya que el enrollador facilitaría en ahorro energético respecto a la climatización de estas piscinas.

Por lo tanto, las normas o reglamentos que afectan a este producto se tendrán en la etapa del diseño preliminar, donde se harán cálculos de integridad estructural, la correcta selección de los materiales y acabados, además de los bordes y esquinas establecidos en la UNE que se ha citado anteriormente. La UNE que va a afectar directamente al producto a diseñar es *Equipamiento para piscinas. Parte 1: Requisitos generales de seguridad y métodos de ensayo (UNE-EN 13451-1)*.

### 6.1.1 Resultado del método RED

Gracias al método RED se han conseguido definir los requerimientos funcionales del producto a diseñar, mediante la información obtenida en la etapa anterior y haciendo uso de métodos de creatividad (brainstorming) a las preguntas planteadas, se han obtenido las siguientes funciones o requerimientos:

#### Manejabilidad y funcionalidad:

- ✓ Fácil de usar
- ✓ Cómodo y sencillo
- ✓ Ergonómico
- ✓ Fácil mantenimiento
- ✓ Limpio
- ✓ Que no interfiera en el uso habitual de la piscina y que no moleste
- ✓ Contacto entre el agua y el cobertor cuando éste está extendido
- ✓ Buena sujeción del cobertor

#### Seguridad:

- ✓ Resistente, robusto y fiable
- ✓ Evitar esquinas
- ✓ No ser un estorbo en el perímetro exterior de la piscina
- ✓ Seguro
- ✓ Evitar atrapamientos

#### Estética:

- ✓ Bonito
- ✓ Acorde con la estética de la piscina
- ✓ Recogido y compacto

#### Especificaciones del producto:

- ✓ Recoger y extender el cobertor
- ✓ Guardar adecuadamente el cobertor cuando éste esté enrollado
- ✓ Mantener limpia la piscina
- ✓ Medidas a cubrir por el tubo: 1.2 m de alto, 3 m de ancho
- ✓ Espesor a enrollar 6 mm, y largura entre 4.75 y 8.50 m

#### Ciclo vital:

- ✓ Facilitar su correcto empaquetamiento, almacenaje y transporte

- ✓ Materiales no nocivos para el medio ambiente

#### Entorno:

- ✓ Tubo interior robusto, rígido y bien fijado
- ✓ Humedad (tanto interior como exterior)
- ✓ Condiciones climatológicas adversas, como pueden ser fuertes vientos o nevadas
- ✓ Rango de temperaturas: -10 °C / 50 °C
- ✓ Suciedad (polvo, hojas y demás)
- ✓ Evitar corrosión y oxidación
- ✓ Golpes y uso indebido

#### Gama de operaciones:

- ✓ Cobertor extendido
- ✓ Recogida del cobertor
- ✓ Cobertor guardado
- ✓ Extensión del cobertor

#### Movimientos:

- ✓ El tubo se mueve para enrollar el cobertor
- ✓ El tubo se mueve para extender el cobertor

#### Esfuerzos:

- ✓ Al arrastrar el cobertor para su recogida
- ✓ Al extender el cobertor
- ✓ Soportar el peso del cobertor cuando está recogido
- ✓ Rozamiento del tubo al girar
- ✓ Cargas o esfuerzos por condiciones climatológicas adversas
- ✓ Posibles esfuerzos verticales por uso indebido

#### Productos de referencia:

- ✓ Soporte: perfil de aluminio o fundición de aluminio
- ✓ Carga máxima: de 75 a 300 m<sup>2</sup> de cobertor
- ✓ Cilindro de enrollado (tubo): aluminio o aluminio anodizado
- ✓ Cojinetes oscilantes de bolas
- ✓ Motor o manual

#### Normas y reglamentos:

- ✓ Integridad estructural
- ✓ La correcta selección de los materiales y acabados
- ✓ Bordes y esquinas

## 6.2 MÉTODO FAST (FUNCTIONAL ANALYSIS SYSTEM TECHNIQUE)

El objetivo de este método es ordenar las funciones siguiendo un orden lógico. Es muy importante que se tengan en cuenta todas las funciones del producto, ya que solamente cuando estas funciones estén bien identificadas se logrará el producto que se busca.

Según Robert Tassinari, se ha podido comprobar por medio de ejemplos de productos inadecuadamente diseñados, que si las funciones no están bien definidas, la concepción del producto a diseñar no es correcta y este producto no llega a satisfacer al usuario. Por ello, tanto en el caso de un producto nuevo, como en el de uno en vías de estudio o un producto existente que se desea mejorar, es imprescindible realizar un estudio funcional.

A pesar de que ya se han identificado las funciones en las distintas etapas del método RED, en este apartado se pretende relacionar esas funciones de manera que nos sirva de base para hacer el Pliego de Condiciones Funcional.

Para realizar este análisis, se dejarán a un lado las funciones generales como pueden ser evitar la corrosión y oxidación, aguantar condiciones climatológicas adversas, seguridad etc. A pesar de que nunca se deben olvidar estas funciones ya que son vitales, éstas no entran en la lógica funcional.

En el diagrama de la *ilustración 13* se pueden ver las funciones que entran en la lógica funcional.

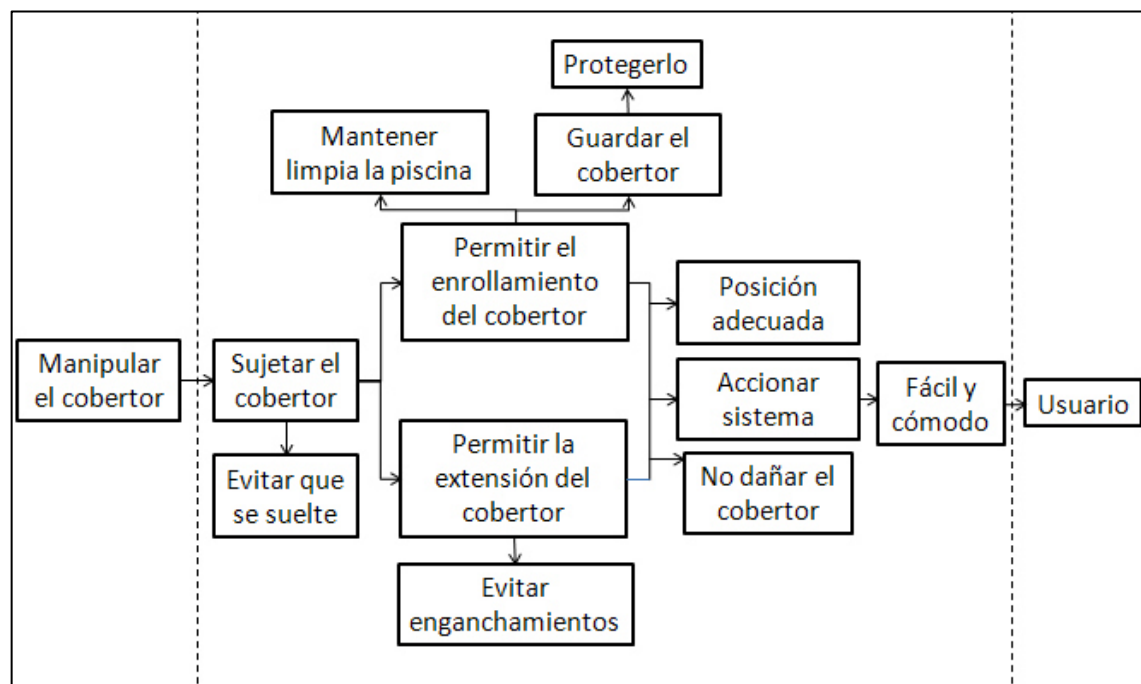


Ilustración 13. FAST para el enrollador del cobertor

En la izquierda se muestra el objetivo del producto que se diseña. Las flechas que van de derecha a izquierda responden a la pregunta “como”, y al contrario, si se mueve de izquierda a derecha se responde a la pregunta “por qué”. Si se mueve hacia arriba o hacia abajo en el diagrama se responden las preguntas “cuándo” o “que” se debe cumplir.



### 6.3 PLIEGO DE CONDICIONES FUNCIONAL (PCF)

El Pliego de Condiciones Funcional especifica el servicio esperado del producto por parte del usuario, y al mismo tiempo muestra soluciones a adoptar en la creación del mismo. Por lo tanto, el PCF no impone ninguna solución a la hora de concretar el diseño, es una expresión funcional de la necesidad.

En este documento, siendo la base los resultados del método RED y el análisis funcional FAST, se indica la necesidad en términos de funciones detalladas y caracterizadas. En la representación del PCF las funciones se clasificarán por categorías con el fin de facilitar la posterior utilización del documento.

Las categorías son las siguientes:

- ✓ Funciones principales de servicio, de uso o de estima
- ✓ Funciones complementarias de servicio, de uso o de estima
- ✓ Restricciones debidas al entorno: externo e interno
- ✓ Restricciones debidas a las normas y reglamentación

Se completarán tablas donde se numeren y designen las funciones, definiendo un criterio y un nivel y flexibilidad. Se asignarán coeficientes a cada designación (K) indicando su importancia, y de la misma manera se especificará si estos son imperativos o negociables (F).

#### 1. Funciones principales de servicio

| Nº | Designación                                    | K | Criterio                                      | Nivel                       | Flexibilidad                 | F |
|----|--|---|---|-----------------------------|------------------------------|---|
| 1  | Recoger y extender cobertor                    | 5 | Dimensiones<br>Tipo de doble<br>Accionamiento | 3m x 5.4m<br>Enrollado<br>- | largura hasta 8.54<br>-<br>- | 2 |
| 2  | Ergonómico                                     | 3 | Posición del accionamiento                    | -                           | -                            | 2 |
| 3  | Cómodo y fácil de usar                         | 4 | Dotar de motor<br>Tipo de mecanismo           | Sí o no                     | -                            | 3 |
| 4  | Fiable   | 4 | Posición bloqueo<br>Estable (fijación)        | -                           | -                            | 1 |
| 5  | Buena sujeción del cobertor                    | 5 | Número de enganches                           | 1/40 cm                     | ±1/5cm                       | 3 |
| 6  | Contacto cobertor-agua (cuando está extendido) | 5 | Posición Cobertor                             | -<br>-                      | -<br>-                       | 0 |

**2. Funciones complementarias de servicio**

| Nº | Designación                                       | K | Criterio  | Nivel                                     | Flexibilidad | F |
|----|---|---|---|---|--------------|---|
| 1  | Permitir limpieza interior                        | 3 | Acceso<br>Facilidad                             | -<br>-                                    | -<br>-       | 1 |
| 2  | Mantener limpia la piscina al recoger el cobertor | 5 | Disposición del cobertor a la hora de recogerlo | Evitar posición vertical                  | -            | 1 |
| 3  | No suponer un estorbo (en el perímetro exterior)  | 4 | Forma<br>Dimensiones<br>Volumen                 | Compacta<br>h: 1.3m<br>L: 3.2m<br>A: 0.7m | -<br>±20%    | 2 |
| 4  | Limpieza exterior                                 | 2 | Protección piezas<br>No retención               | -   | -            | 2 |
| 5  | Hacer poco ruido                                  | 1 | Ruido   | 60 dB                                     | ±5 dB        | 3 |
| 6  | Buena apariencia                                  | 4 | Aspecto   | -   | -            | 3 |
| 7  | Permitir accionar los mecanismos                  | 3 | Acceso  | -   | -            | 2 |
| 8  | Protección del cobertor                           | 4 | Carcasa o funda                                 | -   | -            | 2 |
| 9  | Fácil mantenimiento                               | 2 | Mecanismo<br>Acceso                             | -   | -            | 3 |
| 10 | Seguro  | 3 | Posición<br>Esquinas<br>redondeadas             | -<br>R: 2cm                               | -<br><2cm    | 2 |
| 11 | Permitir paro de urgencia                         | 4 | Acceso<br>Accionamiento                         | -   | -            | 0 |
| 12 | No interferir en el uso habitual de la piscina    | 4 | Posición<br>Forma                               | -   | -            | 2 |

**3. Restricciones debidas al entorno**

| Nº | Designación                                  | K | Criterio                          | Nivel                                       | Flexibilidad                           | F |
|----|--|---|-----------------------------------|---|--|---|
| 1  | Soportar distintas temperaturas              | 5 | Temperatura                       | -10 °C / 50 °C                              | ±10 °C                                 | 0 |
| 2  | Evitar corrosión y oxidación                 | 5 | Materiales                        | -   | -                                      | 0 |
| 3  | Tubo robusto                                 | 4 | Materiales                        | -   | -                                      | 2 |
| 4  | Soportar condiciones climatológicas adversas | 4 | Fuerza viento<br>Granizo<br>Nieve | 110 km/h<br>-<br>Hasta 80 kg/m <sup>2</sup> | ±10 km/h<br>-<br>±10 kg/m <sup>2</sup> | 1 |

|          |  |   |         |       |       |   |
|----------|--|---|---------|-------|-------|---|
| <b>5</b> | Soportar humedad   | 4 | Humedad | -     | -     | 2 |
| <b>6</b> | Soportar posibles cargas de uso indebido por parte de los usuarios | 2 | Peso    | 10 kg | ±5 kg | 3 |

#### 4. Restricciones debidas a las normas y reglamentación

| Nº       | Designación            | K | Criterio   | Nivel | Flexibilidad | F |
|----------|------------------------|---|------------|-------|--------------|---|
| <b>1</b> | Integridad estructural | 4 | Cargas     | Norma | -            | 0 |
| <b>2</b> | Bordes y esquinas      | 4 | Forma      | Norma | -            | 0 |
| <b>3</b> | Materiales y acabados  | 4 | Materiales | Norma | -            | 0 |

Por tanto, se ha obtenido la información que formará el Pliego de Condiciones Funcional, al mismo tiempo se ha conseguido una jerarquización o priorización de las funciones o requerimientos mediante el uso del parámetro “K”.

Comparando estos parámetros K se pueden comparar las funciones y por lo tanto ver la superioridad o inferioridad de las mismas.

## 7. QFD

El método QFD (*Quality Functional Deployment*) es un método que se utiliza con el fin de conseguir la calidad total del producto a diseñar, para ello se sistematiza la información obtenida por parte del usuario y los requerimientos funcionales. Así se llega a definir las características de la calidad del producto adaptándola al mercado. Las herramientas que se utilizarán en este método serán las matrices, en el método QFD se pueden diferenciar hasta tres partes distintas.

Los objetivos que se persiguen mediante la aplicación de este método son los siguientes:

- ✓ Traducir las demandas del cliente al producto
- ✓ Obtener una calidad óptima en el producto
- ✓ Reducir el tiempo de lanzamiento del producto

A pesar de que el QFD consta de cuatro etapas, en este proyecto únicamente se hará el análisis de dos de ellas, concretamente en la primera y la segunda: definición del producto y definición de los componentes. Se dejarán de lado la tercera y la cuarta, definición de los procesos y organización de la producción, ya que no entran en el alcance de este proyecto.

En la primera etapa, definición del producto (denominada como QFD o QFD I), la **matriz** que se utilizará para aplicar este método estará formada por las necesidades del cliente (eje vertical) y por los parámetros técnicos de diseño (eje horizontal). Estos parámetros de diseño estarán relacionados con las necesidades o demandas de los clientes. Por lo tanto, cada casilla de la matriz será un cruce de relaciones entre estas demandas y los parámetros de diseño. Habrá que valorar esta relación de la siguiente manera:

- 9 → relación fuerte
- 3 → relación media
- 1 → relación débil
- En blanco → no hay relación

Además de esa matriz principal, habrá otra parte situada en la parte superior de la matriz, que indicará la relación entre dos de los parámetros de diseño. Se le llama **matriz de correlaciones** o tejado. Si hay correlación positiva, se escribirá un +, y si hay correlación negativa un -. La correlación positiva significa que al mejorar uno de esos parámetros (o empeorar), también se mejora el otro (o empeora). Ocurre lo contrario en el caso de la correlación negativa, ya que al mejorar uno de los parámetros el otro sufrirá un empeoramiento.

Otra información que forma parte del QFD es la **medida de los parámetros técnicos**, en esta parte se definen unidades y direcciones de mejora. Además se pueden comparar otros productos de la competencia con el producto que está siendo diseñado viendo así a lo que se va a enfrentar en el mercado.

Esta información será la dirección a seguir para conseguir un producto de calidad.

## 7.1 EXPECTATIVAS DEL CLIENTE

La primera etapa será la de recoger correctamente las expectativas de los clientes o usuarios mediante exploración exhaustiva del mercado, por observación directa y conversaciones con los usuarios de cobertores de verano o que dispongan ya de un recogedor.

Primeramente se realizará una tabla donde se definan los distintos tipos de clientes, organizados por columnas, y a su vez se definirán las expectativas del cliente. Posteriormente habrá que jerarquizar los clientes y sus necesidades, ya que sería imposible satisfacer los requerimientos de todos los clientes por igual. Cada expectativa o especificación del cliente será valorada dependiendo de su grado de importancia.

Se valorará la importancia que cada tipo de cliente da a cada especificación del 1 al 5, la escala correspondiente a estos valores es la siguiente:

1 → despreciable

2 → poco importante

3 → importante

4 → muy importante

5 → imperativo

En el caso del producto que se quiere diseñar, al ser un producto sencillo, los clientes les dan importancia a seis especificaciones distintas. La tabla que se ha obtenido es la siguiente:

| <i>Expectativas del cliente</i> |             | Seguro     | Precio     | Resistente al ambiente | Fácil de usar | Compacto   | Diseño adecuado | Limpio     |
|---------------------------------|-------------|------------|------------|------------------------|---------------|------------|-----------------|------------|
| <i>Cliente</i>                  |             |            |            |                        |               |            |                 |            |
| <i>Tipo</i>                     | <i>Peso</i> |            |            |                        |               |            |                 |            |
| Nivel adquisitivo bajo          | 10          | 4          | 5          | 4                      | 5             | 3          | 3               | 5          |
| Nivel adquisitivo medio         | 60          | 4          | 3          | 5                      | 4             | 4          | 4               | 4          |
| Nivel adquisitivo alto          | 40          | 5          | 3          | 3                      | 5             | 3          | 5               | 3          |
| <b>Peso de las expectativas</b> | <b>100%</b> | <b>480</b> | <b>350</b> | <b>460</b>             | <b>490</b>    | <b>390</b> | <b>470</b>      | <b>410</b> |

Como resultado de esta operación se obtiene una lista con tres columnas, en la primera se indica la importancia de cada expectativa del cliente, en la segunda la expectativa en sí y en la tercera el peso de cada una de ellas.

Se normalizarán los pesos adquiridos en la jerarquización respecto a 100, y de ahí se obtiene esta lista final:

| Nº | Expectativas           | Peso |
|----|------------------------|------|
| 1  | Fácil de usar          | 89   |
| 2  | Seguro                 | 87   |
| 3  | Diseño adecuado        | 85   |
| 4  | Resistente al ambiente | 84   |
| 5  | Limpio                 | 75   |
| 6  | Compacto               | 71   |
| 7  | Precio                 | 64   |

En la tabla mostrada también se puede ver la importancia de cada expectativa por parte de los clientes.

## 7.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

Para dar respuesta a las necesidades que se han definido en el punto anterior, hay que definir los parámetros técnicos de diseño, que responderán a la pregunta COMO de la necesidad.

Los parámetros de diseño que se tendrán en cuenta serán:

- Tipo de materiales
- Peso
- Número de apoyos
- Tipo mecanismo de giro
- Dimensiones
- Resistencia de los materiales
- Posición bloqueo

Se obtienen siete parámetros de diseño principales.

## 7.3 MATRIZ QFD

A continuación se procederá a la construcción de la matriz QFD. Los valores que se obtengan serán de vital importancia para conseguir cumplir las demandas de los clientes de manera adecuada. Se obtendrán los siguientes valores (en porcentajes):

**Evaluación de los clientes** → corresponde a las expectativas de los clientes que se han definido en el apartado anterior, normalizando los pesos adquiridos en la jerarquización respecto a 100.

**Peso ponderado** → importancia adjudicada a cada necesidad por parte del equipo de diseño. La suma siempre es 100%.

**Evaluación ponderada** → importancia que los clientes adjudican a cada necesidad.

**Brecha absoluta o ponderada** → es el porcentaje a mejorar en cada una de las necesidades para poder satisfacer al cliente.

**Brecha absoluta relativa** → indica el porcentaje que mejorará el producto en general si se ajusta esa necesidad al nivel deseado por el cliente.

Se han elegido dos productos de referencia para ver cómo responden a los parámetros de diseño. El primer modelo será el recogedor de columna de piscinas enterradas, y el segundo modelo el recogedor de pared manual.

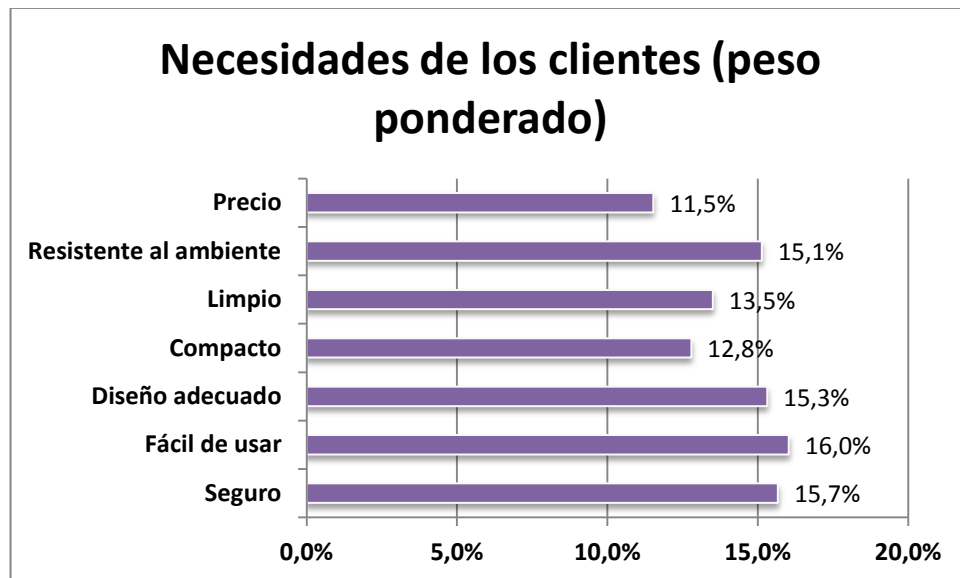
A continuación se muestra la matriz QFD obtenida.

|                       |                               |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------|-------------------------------|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Necesidad del Cliente | Calificación ponderada actual | Parámetros de Diseño |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------|-------------------------------|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|



## Conclusiones

Como resultado de la aplicación del método QFD, se puede ver la importancia que tiene cada parámetro de diseño y así poder mejorar el producto haciendo hincapié en ese aspecto obteniendo una mayor calidad. En el caso de este producto, no hay grandes diferencias entre las distintas **necesidades** que se han definido.



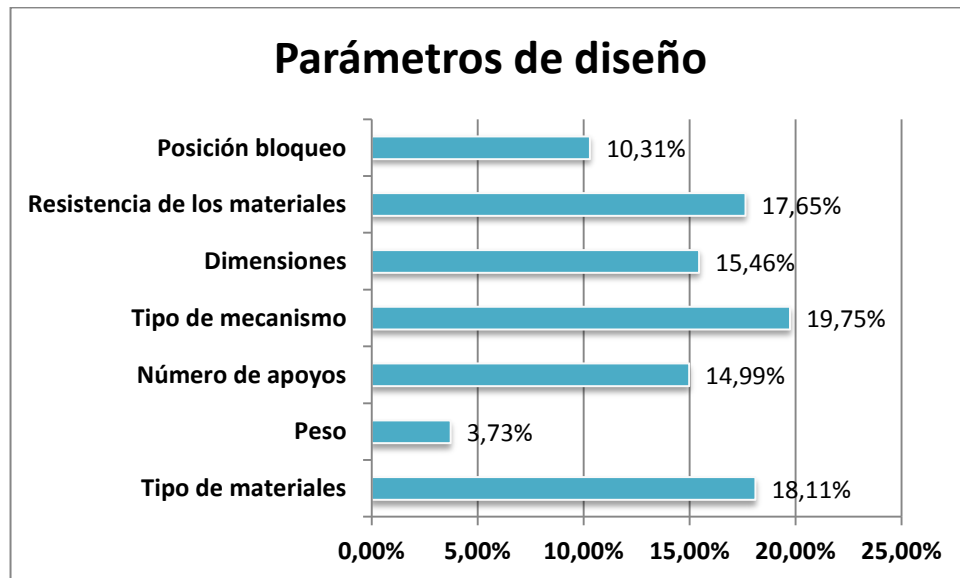
En la gráfica anterior se pueden observar los pesos ponderados de las necesidades o requerimientos de los clientes, hay que prestar atención a la brecha absoluta relativa. En el caso de las necesidades con un peso ponderado elevado, si la brecha tiene un valor elevado, significa que se deberá dar mayor importancia a esta necesidad con el fin de acercarse a las exigencias del cliente. Sin embargo, si el valor de la brecha no es significativo, no hace falta cambiar nada. Consideraremos necesidades con pesos ponderados elevados los mayores de 15%:

- ✓ **Fácil de usar (16%)**: la brecha absoluta relativa es de 8.9% y se ha decidido mantener la evaluación competitiva
- ✓ **Seguro (15.7%)**: la brecha absoluta relativa es de 10.3% y se ha decidido mantener la evaluación competitiva
- ✓ **Diseño adecuado (15.3%)**: la brecha absoluta relativa es de 11.6% y se ha de mantener
- ✓ **Resistente al ambiente (15.1%)**: la brecha absoluta relativa es de 12.3% y se ha decidido darle más importancia a este aspecto

En el resto de las necesidades, las de menor peso ponderado, si la brecha absoluta relativa es grande, significa que a esa necesidad se le está dando mayor importancia que la debida.

- ✓ **Limpio (13.5%)**: la brecha absoluta relativa es de 17.1% y se ha decidido darle menos importancia a este aspecto

- ✓ **Compacto (12.8%)**: la brecha absoluta relativa es de 18.8% y se le puede dar menos importancia a este aspecto
- ✓ **Precio (11.5%)**: la brecha absoluta relativa es de 21% y se le puede dar menos importancia



En el caso de los **parámetros de diseño**, hay que tener en cuenta tanto la importancia de los parámetros como la relación de los mismos. La media de evaluación de los clientes es 80.24%, por lo que éste es el porcentaje de las necesidades que se han identificado correctamente por el equipo de diseño, correspondiendo el 19.76% a necesidades que el equipo desconoce.

Los parámetros de diseño que cobran mayor importancia, son de mayor a menor el tipo de mecanismo, el tipo de materiales, la resistencia de los materiales, las dimensiones y el número de apoyos. El resto de los parámetros, la de la posición de bloqueo y el peso, pasan a un segundo plano.

Como ya se ha comentado, por un lado, se ha decidido darle mayor resistencia al ambiente, lo cual está directamente relacionado con el tipo de material y su propia resistencia. Además el tipo de material y su resistencia mantienen una correlación positiva. Por otro lado, se ha decidido dejar de dar tanta importancia a las necesidades de limpieza, compacidad y precio. En el caso del precio, esta necesidad mantiene una relación fuerte con el tipo de material pero hay que tener en cuenta que si empeoramos esto, también empeoraremos la resistencia al ambiente de los materiales. La compacidad tiene una relación fuerte con las dimensiones, y las dimensiones a su vez con el diseño estético. Es por eso por lo que se decide mantener las necesidades de precio y compacidad.

## 8. QFD II

Como ya se ha comentado en el punto anterior del QFD, en este proyecto se llevarán a cabo sólo dos etapas de este método. En este apartado se realizará la definición de los componentes, se relacionarán los requerimientos del producto con los subsistemas o piezas del mismo.

Para ello ha de dividirse el producto en sus componentes, esto servirá como herramienta para ver la influencia de cada uno de los componentes. Los componentes de este producto son los siguientes:

- ✓ Apoyos
- ✓ Estructura
- ✓ Tubo
- ✓ Rodamientos o similares
- ✓ Mecanismo de giro
- ✓ Enganches para sujeción

Dónde el tubo, los rodamientos o similares y el mecanismo de giro compondrán un único módulo o subsistema, que es la parte que hace girar al tubo.

Los requerimientos del producto se convierten en el QUÉ (entradas por filas), mientras que las piezas serán los CÓMO (entradas por columnas). A los parámetros de diseño o requerimientos se les asigna el peso correspondiente definiendo en el QFD I. Por lo tanto en esta nueva matriz QFD II, los parámetros ocuparán la parte vertical y los componentes la parte horizontal. El resto de los aspectos es el mismo que en la matriz de la primera etapa, incluidas las relaciones y la matriz de correlaciones.

Gracias a la información que se consiga mediante este QFD II, se obtendrán los valores objetivo para cada componente, es decir, los pesos de cada uno de los componentes en los que hemos dividido el producto y por tanto se podrá ver su importancia en el diseño global del producto. Además se observará qué componentes tienen correlación directa entre ellos mismos.

|                      |                          |                |        |            |       |                         |                   |      |  |  |                         |                         |
|----------------------|--------------------------|----------------|--------|------------|-------|-------------------------|-------------------|------|--|--|-------------------------|-------------------------|
| Parámetros de diseño | Componentes del producto |                |        |            |       |                         |                   |      |  |  | Enganches para sujeción |                         |
|                      | QFD II                   | 1              | 2      | 3          | 4     | 5                       | 6                 |      |  |  |                         | Mecanismo de giro       |
|                      |                          | 24,24%         | 9,39%  | 19,25%     | 5,16% | 19,32%                  | 5,16%             |      |  |  |                         | Rodamientos o similares |
|                      |                          | Peso ponderado | Apoyos | Estructura | Tubo  | Rodamientos o similares | Mecanismo de giro |      |  |  |                         | Enganches para sujeción |
|                      | 18,11%                   | 3              | 3      | 3          | 1     |                         |                   | 1    |  |  |                         |                         |
|                      | 3,73%                    |                | 9      | 1          |       | 1                       |                   |      |  |  |                         |                         |
|                      | 14,99%                   | 9              |        |            |       |                         |                   |      |  |  |                         |                         |
|                      | 19,75%                   |                |        | 9          | 3     | 9                       | 3                 |      |  |  |                         |                         |
|                      | 15,46%                   | 1              |        |            |       |                         |                   | 1    |  |  |                         |                         |
|                      | 17,65%                   | 9              | 3      | 3          |       |                         |                   |      |  |  |                         |                         |
| 10,31%               |                          |                |        |            | 9     |                         |                   |      |  |  |                         |                         |
|                      | Peso                     | 3,64           | 1,41   | 2,89       | 0,77  | 2,90                    | 0,77              | 0,77 |  |  |                         |                         |

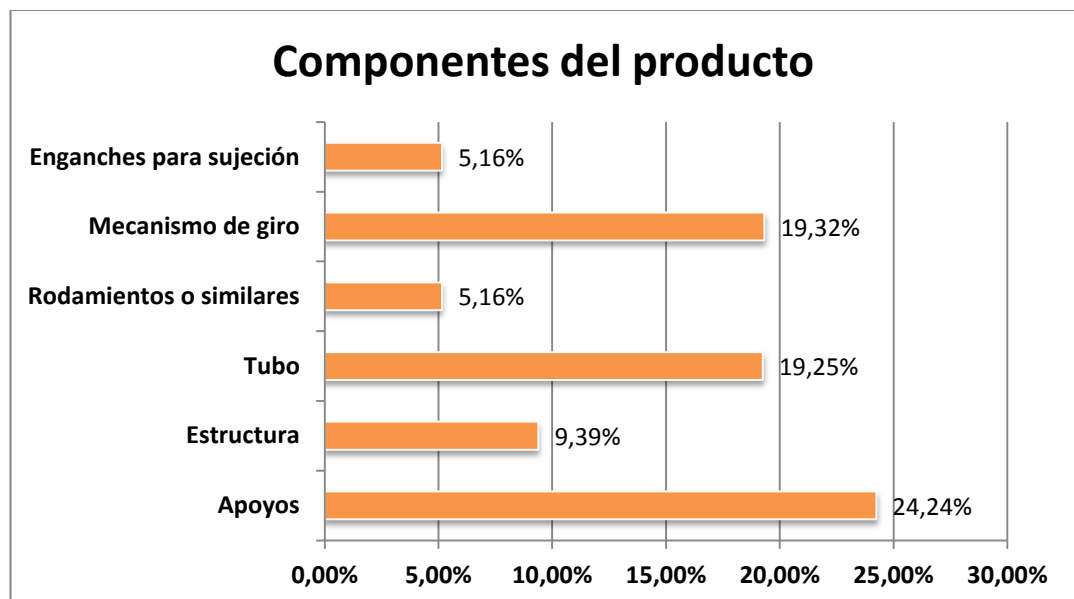
## Conclusiones

Observando dicha matriz, se puede ver que uno de los componentes más importantes son los apoyos que tendrá el producto, ya que estos mantienen una fuerte relación con el tipo de material y su resistencia. Los siguientes componentes de mayor importancia son el tubo y el mecanismo de giro, lo cual tiene sentido, ya que estos harán que se cumpla la principal función del producto y mantienen una fuerte relación con los parámetros de diseño.

Como ya se ha comentado el tubo, los rodamientos o similares y el mecanismo de giro forman un mismo módulo, ya que estos son los encargados de hacer girar y recoger/extender el cobertor. Por lo tanto, observando los valores porcentuales de estos tres componentes, este módulo es el más importante del producto, llegando a abarcar hasta un 43%.

La estructura tiene una menor importancia ya que no está tan ligado con los parámetros de diseño más importantes, y por último la sujeción del cobertor, que tiene una pequeña importancia aunque no por ello se ha de olvidar.

En la gráfica siguiente se pueden observar los valores citados.



## 9. Diseño conceptual y su selección

Una vez de que se conocen las especificaciones y los aspectos relativos al producto que se va a diseñar, ya se ha conseguido obtener el perfil del producto ideal. En esta etapa del diseño se buscarán las características que mejor cumplan con el perfil que se ha definido.

A la hora de realizar el diseño conceptual, se han de seguir dos etapas consecutivas. La primera es la generación de soluciones para la necesidad que ha sido detectada, estas soluciones se centran en la forma y las funciones principales en forma global. La segunda etapa, es la evaluación de las soluciones formuladas utilizando como base toda la información obtenida en etapas anteriores.

### 9.1 GENERACIÓN DE SOLUCIONES (COMBINACIÓN DE IDEAS)

Para la generación de soluciones existen distintos métodos. El método que se ha decido aplicar en el caso de este producto es el de combinación de ideas. Mediante él se combinan elementos existentes de manera sistemática.

Por lo tanto, se generarán distintas ideas sobre los conceptos en los que existe una variedad de posibilidades. En la segunda etapa, en la elección del diseño conceptual, se estudiarán todas las combinaciones posibles de dichos conceptos para elegir el más adecuado.

En el caso de este producto, las distintas partes relacionadas con los conceptos importantes del diseño que se tendrán en cuenta serán los siguientes:

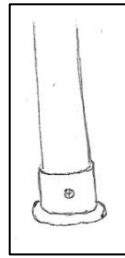
- Apoyos
- Mecanismo de giro
- Protector del cobertor
- Sujeción del cobertor
- Posición del mecanismo

A continuación se mostrarán las distintas ideas obtenidas mediante brainstorming o sinéctica para cada concepto o parte del producto ya mencionado y su ilustración gráfica. Las ilustraciones gráficas son un boceto conceptual que servirán como explicación visual, posteriormente se definirán medidas y acabados definitivos de los bocetos elegidos en la etapa de diseño en detalle.

#### Apoyos

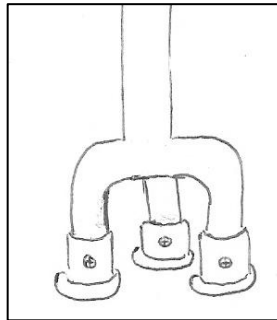
Los apoyos son muy importantes por ser la base del producto y por lo tanto es lo que le dará estabilidad y seguridad al mismo. Como ya se ha comentado anteriormente, se intentará que el producto tenga formas redondeadas para evitar posibles daños de los usuarios que se muevan alrededor de él, por ello todos los apoyos que se mostrarán tienen forma redondeada.

1) Apoyo único tanto arriba como abajo, anclado al suelo



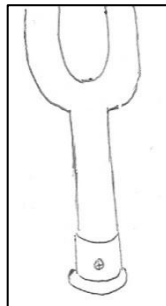
**Ilustración 14. Apoyo 1**

2) Apoyo triple abajo (dejando libre la parte frontal del apoyo) y apoyo único en la parte superior. Anclado al suelo.



**Ilustración 15. Apoyo 2**

3) Apoyo único abajo y apoyo doble arriba, anclado al suelo



**Ilustración 16. Apoyo 3**

4) Apoyo doble abajo y único arriba que está colocado en uno de los lados. Anclado al suelo.

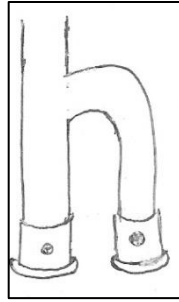


Ilustración 17. Apoyo 4

5) Apoyo doble abajo y único arriba colocado en la mitad de los apoyos de abajo. Anclado al suelo

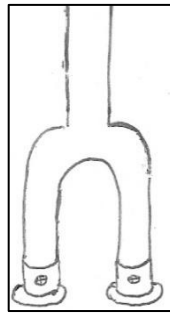


Ilustración 18. Apoyo 5

6) Apoyo doble anclado en las playas de la piscina

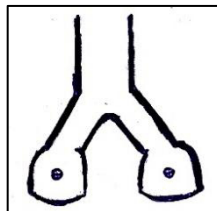


Ilustración 19. Apoyo 6

### Mecanismo de giro

Es muy importante decidir cuál va a ser el mecanismo que el producto utilizará para recoger y extender el cobertor, ya que esto es lo que va a hacer que se cumpla el principal objetivo o necesidad del producto a diseñar: recoger y extender el cobertor de manera cómoda y fácil.

1) Engranajes

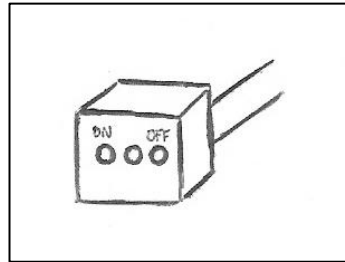
2) Motor



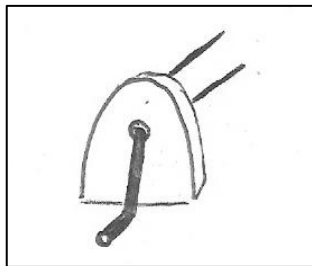
- 3) Con manivela con cojinete
- 4) Con manivela mediante rodamientos
- 5) Brazos articulados



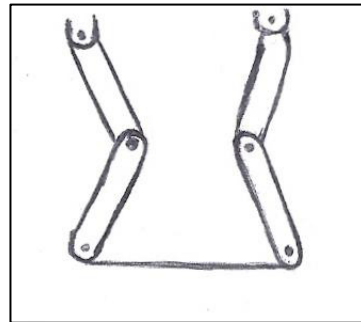
**Ilustración 20.**  
**Mecanismo giro,**  
**engranajes**



**Ilustración 21. Mecanismo**  
**giro, motor**



**Ilustración 22.**  
**Mecanismo giro,**  
**manivela mediante**  
**rodamientos o cojinete**



**Ilustración 23. Mecanismo**  
**giro, brazos articulados**

### **Protector del cobertor**

Proteger el cobertor también es importante en este producto, y como ya se ha visto gracias a la etapa en la que se han definido las especificaciones o requerimientos del producto, cuando el cobertor está recogido o enrollado (momentos de uso de la piscina o meses de invierno), éste no debe sufrir ningún daño o deterioro.

*1) Sin ningún tipo de protector:* como en los modelos ya existentes de estos tipos de recogedores

2) *Carcasa 1*: carcasa que cubre la parte del enrollador que da al exterior, alargado para mayor protección

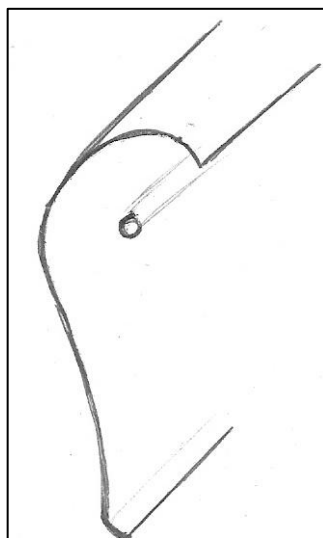


Ilustración 24. Carcasa 1

3) *Carcasa 2*: carcasa completa que rodea el enrollador con apertura parcial de la misma

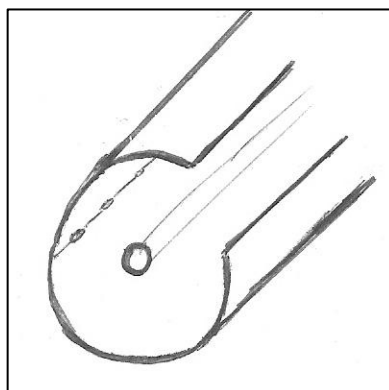


Ilustración 25. Carcasa 2

4) *Carcasa 3*: protección parcial del cobertor

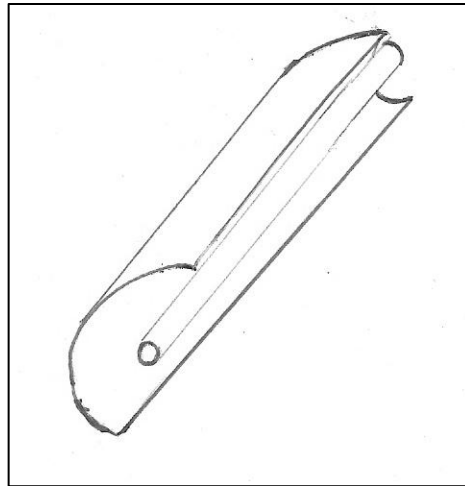


Ilustración 26. Carcasa 3

### Sujeción del cobertor

La correcta sujeción del cobertor garantizará la seguridad y calidad del producto. Los accesorios para el cobertor tienen que cumplir funciones que no se pueden cumplir simplemente con el enrollador. Principalmente se tendrán en cuenta la sujeción del cobertor respecto al mecanismo de giro y algún accesorio que impida que la porquería que está sobre el cobertor caiga al agua de la piscina.

- 1) Sujeción mediante cuerdas enganchadas a ojales
- 2) Sujeción mediante ribete con cintas
- 3) Sujeción mediante ribete con cintas regulables y desenganchables

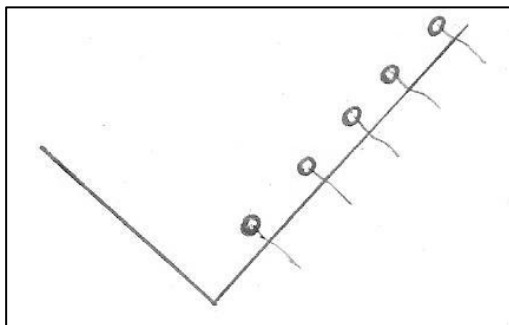


Ilustración 27. Sujeción 1

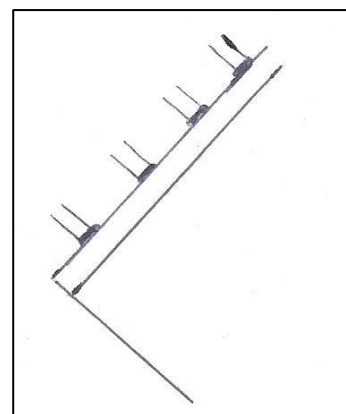


Ilustración 28. Sujeción 2

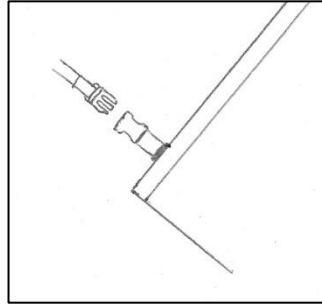


Ilustración 29. Sujeción 3

### Posición del mecanismo

El lugar que va a ocupar el producto en la piscina es importante, tanto para la seguridad como para la manejabilidad del producto. El mecanismo puede estar posicionado a distintas alturas dependiendo de cómo se quiera colocarlo respecto a la piscina.

Para ello cogeremos como referencia la posición del eje del tubo o brazos que servirán para enrollar el cobertor, de manera que las posiciones pueden ser las siguientes:

- 1) Por encima del nivel de la piscina
- 2) Al mismo nivel de la piscina
- 3) Por debajo del nivel de la piscina
- 4) Dentro del vaso de la piscina

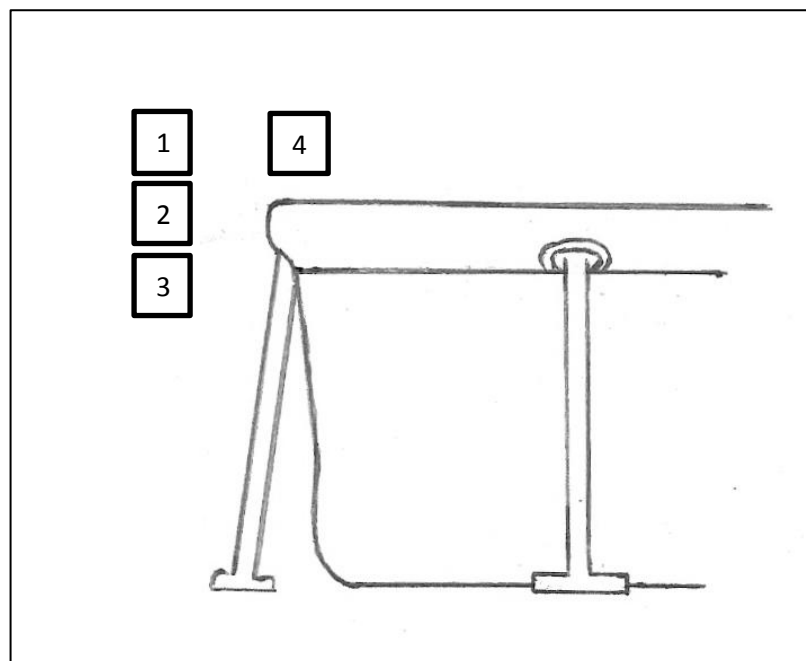


Ilustración 30. Posición mecanismo

Estas posiciones se pueden ver indicadas mediante su correspondiente numeración en la *ilustración 30*.

### Resultados de la generación de soluciones

Por lo tanto mediante esta etapa de generación de soluciones se han tenido en cuenta cinco distintos conceptos o elementos que se han considerado de una gran importancia a la hora de elegir el diseño final del producto.

El número de ideas que se han generado dentro de cada concepto es el siguiente:

- Apoyos: 6 ideas
- Mecanismo de giro: 5 ideas
- Protector del cobertor: 4 ideas
- Sujeción del cobertor: 3 ideas
- Posición del mecanismo: 4 ideas

Mediante la combinación de estos conceptos estudiados se han conseguido generar 1440 combinaciones distintas, ya que en principio todas las ideas de cada concepto son compatibles con las ideas del resto de los conceptos.

## 9.2 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LAS SOLUCIONES GENERADAS

Gracias a la descomposición de conceptos o elementos realizada en la etapa anterior, y siendo imposible la evaluación de todas las posibles combinaciones, cada concepto se valorará independientemente para poder elegir así la combinación más correcta paso a paso.

Para ello habrá que tener en cuenta las especificaciones del Pliego de Condiciones Funcional (PCF) y el valor que se han dado a los coeficientes correspondientes (K). Ya que no todas las especificaciones tienen la misma importancia, y por ello hay que tener en cuenta la ponderación de cada una de ellas. Sin embargo, cabe resaltar que algunos de los conceptos no tendrán ningún efecto en algunas especificaciones o requerimientos del producto.

### 9.2.1 Convergencia controlada o DATUM

Debido al gran número de especificaciones definidas en el pliego de condiciones, se ha decidido utilizar el método de convergencia controlada, también conocido como DATUM (S. Pugh), para elegir la solución adecuada al producto a diseñar. Es un método de selección de alternativas, y una ayuda para la toma de decisión.

Para que el método funcione es indispensable que todas las ideas o diseños a compararse sean completamente comparables a un mismo nivel.

Se creará una matriz donde en el eje vertical se muestren los requerimientos a cumplir, que en este caso serán los criterios de selección a utilizar, y en el eje horizontal las distintas ideas que servirán como alternativas al concepto planteado en la etapa anterior.

Se elegirá una idea como “DATUM” de referencia, la que se considera la mejor inicialmente, y posteriormente se procederá a la comparación de la misma respecto al resto de las ideas o alternativas. Al comparar cada idea frente a la idea de referencia se utilizará la siguiente metodología cuyo significado será:

+ → *la idea cumple mejor el requerimiento o el criterio de selección que la referencia*

- → *la idea cumple peor el requerimiento o el criterio que la referencia*

S → *la idea y la referencia satisfacen igualmente el requerimiento*

Cuando todas las ideas de cada variante hayan sido valoradas, se volverá a tomar otro DATUM como referencia, en este caso se escogerá la idea o el diseño que más valoraciones positivas haya conseguido. Si un diseño o idea ha obtenido una muy baja calificación se puede descartar para continuar con el método DATUM hasta llegar a la mejor solución.

Por lo tanto, éste es un proceso iterativo donde finalmente se alcanza la convergencia en la mejor idea o diseño. Se realizará un procedimiento de convergencia controlada para cada concepto de la etapa de generación de soluciones.

Cabe destacar, de que una vez realizado el DATUM se podrá observar las carencias que tiene el mejor DATUM, en caso de que las tenga, y posteriormente valorar su rediseño para dotarlo con posibles mejoras.

## Apoyos

Teniendo en cuenta las distintas ideas que se han obtenido para los apoyos de este producto, se ha optado por usar como DATUM el apoyo 2.

En la *ilustración 31* se puede ver como recordatorio los distintos apoyos sobre el que se va a aplicar el método DATUM.

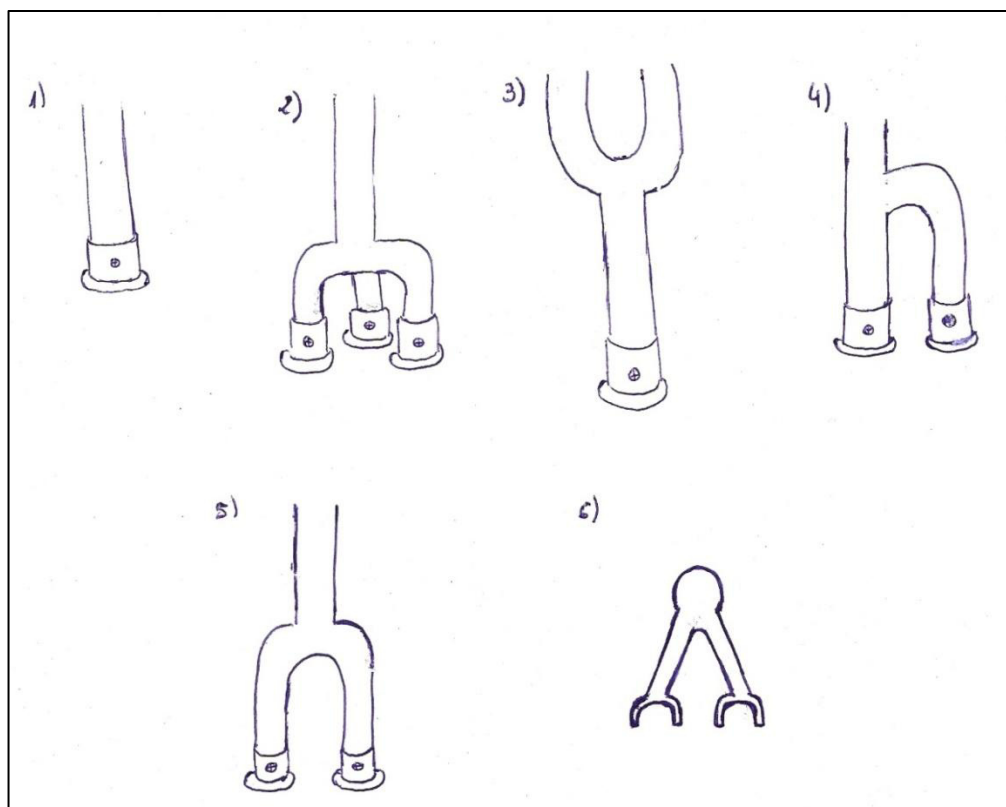


Ilustración 31. Apoyos

Se dejarán en blanco los requerimientos que no tienen ninguna relación con el concepto que se está valorando.

| Requerimientos                                    | K | Apoyo 1 | Apoyo 2 | Apoyo 3 | Apoyo 4 | Apoyo 5 | Apoyo 6 |
|---|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Ergonómico  | 3 |         |         |         |         |         |         |
| Cómodo y fácil de usar                            | 4 |         |         |         |         |         |         |
| Fiable  | 4 | -       |         | -       | S       | S       | S       |
| Buena sujeción del cobertor                       | 5 |         |         |         |         |         |         |
| Contacto cobertor-agua                            | 5 |         |         |         |         |         |         |
| Permitir limpieza interior                        | 3 |         |         |         |         |         |         |
| Mantener limpia la piscina al recoger el cobertor | 5 |         |         |         |         |         |         |
| No suponer un estorbo (en el perímetro exterior)  | 4 | +       |         | +       | +       | S       | +       |
| Limpieza exterior                                 | 2 | S       |         | S       | S       | S       | -       |
| Hacer poco ruido                                  | 1 |         |         |         |         |         |         |
| Buena apariencia                                  | 4 | S       |         | S       | S       | +       | -       |
| Permitir accionar los                             | 3 |         |         |         |         |         |         |

| mecanismos   |   |   |  |   |   |   |   |
|--|---|---|--|---|---|---|---|
| Protección del cobertor  | 4 |   |  |   |   |   |   |
| Fácil mantenimiento  | 2 | S |  | S | S | S | S |
| Seguro   | 3 | - |  | - | S | S | - |
| Permitir paro de urgencia  | 4 |   |  |   |   |   |   |
| No interferir en el uso habitual de la piscina                     | 4 | S |  | S | S | S | - |
| Soportar distintas temperaturas                                    | 5 | S |  | S | S | S | S |
| Evitar corrosión y oxidación                                       | 5 | S |  | S | S | S | S |
| Tubo robusto   | 4 |   |  |   |   |   |   |
| Soportar condiciones climatológicas adversas                       | 4 | - |  | - | - | S | S |
| Soportar humedad   | 4 | S |  | S | S | S | S |
| Soportar posibles cargas de uso indebido por parte de los usuarios | 2 | - |  | - | - | S | S |

|           |   |       |   |   |    |   |
|-----------|---|-------|---|---|----|---|
| <b>Σ+</b> | 1 |       | 1 | 1 | 1  | 1 |
| <b>ΣS</b> | 7 | DATUM | 7 | 9 | 11 | 8 |
| <b>Σ-</b> | 4 |       | 4 | 2 | 0  | 3 |

Como se puede observar, los apoyos 1 y 3 son considerablemente peores, ya que sólo superan al DATUM en un único requerimiento, quedando por debajo en cuatro de ellos. Los principales puntos débiles de los mismos son la seguridad, fiabilidad y el ser peores a la hora de soportar posibles cargas adicionales. Se ha decidido eliminarlos como posibles opciones para el diseño.

En la siguiente etapa se tomará como DATUM el apoyo 5, por ser el que mejor cumple los requerimientos:

| Requerimientos                                    | K | Apoyo 2 | Apoyo 4 | Apoyo 5 | Apoyo 6 |
|---|---|---------|---------|---------|---------|
| Ergonómico  | 3 |         |         |         |         |
| Cómodo y fácil de usar                            | 4 |         |         |         |         |
| Fiable  | 4 | S       | S       |         | S       |
| Buena sujeción del cobertor                       | 5 |         |         |         |         |
| Contacto cobertor-agua                            | 5 |         |         |         |         |
| Permitir limpieza interior                        | 3 |         |         |         |         |
| Mantener limpia la piscina al recoger el cobertor | 5 |         |         |         |         |
| No suponer un estorbo (en el perímetro exterior)  | 4 | S       | S       |         | +       |



|  |   |   |   |  |   |
|--|---|---|---|--|---|
| Limpieza exterior  | 2 | S | S |  | - |
| Hacer poco ruido   | 1 |   |   |  |   |
| Buena apariencia   | 4 | - | - |  | - |
| Permitir accionar los mecanismos                                   | 3 |   |   |  |   |
| Protección del cobertor  | 4 |   |   |  |   |
| Fácil mantenimiento  | 2 | S | S |  | S |
| Seguro   | 3 | S | S |  | - |
| Permitir paro de urgencia  | 4 |   |   |  |   |
| No interferir en el uso habitual de la piscina                     | 4 | S | S |  | - |
| Soportar distintas temperaturas                                    | 5 | S | S |  | S |
| Evitar corrosión y oxidación                                       | 5 | S | S |  | S |
| Tubo robusto   | 4 |   |   |  |   |
| Soportar condiciones climatológicas adversas                       | 4 | S | - |  | S |
| Soportar humedad   | 4 | S | S |  | S |
| Soportar posibles cargas de uso indebido por parte de los usuarios | 2 | S | - |  | S |

|            |    |   |       |   |
|------------|----|---|-------|---|
| $\Sigma+$  | 0  | 0 |       | 1 |
| $\Sigma S$ | 11 | 9 | DATUM | 7 |
| $\Sigma-$  | 1  | 3 |       | 4 |

A pesar de que el apoyo 2 y 5 cumplen prácticamente todos los requerimientos por igual, a la hora de tener en cuenta la buena apariencia, se ha considerado que el apoyo 5 es mejor ya que estéticamente es más adecuado a lo se busca en este diseño.

Por lo tanto, el apoyo que se elegirá para realizar este diseño será el apoyo 5, posteriormente en el diseño preliminar se especificarán materiales y dimensiones finales.

### Mecanismo de giro

Elegir el mecanismo de giro adecuado es vital en el diseño de este producto, ya que su principal función estará sujeta a ello.

| Requerimientos   | K | Engranajes | Motor | Manivela con cojinete | Manivela con rodamientos | Brazos articulados |
|--|---|------------|-------|-----------------------|--------------------------|--------------------|
| Ergonómico   | 3 | S          | +     | S                     |                          | S                  |
| Cómodo y fácil de usar   | 4 | -          | +     | S                     |                          | -                  |
| Fiable   | 4 | S          | +     | S                     |                          | S                  |
| Buena sujeción del cobertor  | 5 |            |       |                       |                          |                    |
| Contacto cobertor-agua   | 5 | S          | S     | S                     |                          | -                  |
| Permitir limpieza interior   | 3 |            |       |                       |                          |                    |
| Mantener limpia la piscina al recoger el cobertor                  | 5 |            |       |                       |                          |                    |
| No suponer un estorbo (en el perímetro exterior)                   | 4 | S          | S     | S                     |                          | S                  |
| Limpieza exterior  | 2 |            |       |                       |                          |                    |
| Hacer poco ruido   | 1 | -          | -     | S                     |                          | S                  |
| Buena apariencia   | 4 | S          | S     | S                     |                          | -                  |
| Permitir accionar los mecanismos                                   | 3 | S          | S     | S                     |                          | S                  |
| Protección del cobertor  | 4 |            |       |                       |                          |                    |
| Fácil mantenimiento  | 2 | -          | +     | S                     |                          | S                  |
| Seguro   | 3 | S          | S     | S                     |                          | -                  |
| Permitir paro de urgencia  | 4 | S          | +     | S                     |                          | S                  |
| No interferir en el uso habitual de la piscina                     | 4 |            |       |                       |                          |                    |
| Soportar distintas temperaturas                                    | 5 | S          | -     | S                     |                          | S                  |
| Evitar corrosión y oxidación                                       | 5 | S          | S     | S                     |                          | -                  |
| Tubo robusto   | 4 | S          | S     | S                     |                          | -                  |
| Soportar condiciones climatológicas adversas                       | 4 |            |       |                       |                          |                    |
| Soportar humedad   | 4 |            |       |                       |                          |                    |
| Soportar posibles cargas de uso indebido por parte de los usuarios | 2 |            |       |                       |                          |                    |

|           |    |   |    |       |   |
|-----------|----|---|----|-------|---|
| <b>Σ+</b> | 0  | 5 | 0  |       | 0 |
| <b>ΣS</b> | 11 | 7 | 14 | DATUM | 8 |
| <b>Σ-</b> | 3  | 2 | 0  |       | 6 |

El mecanismo de giro de brazos articulados quedará eliminado por sus inconvenientes. Además el contacto directo entre agua y cobertor no será el ideal por lo que se decide no seguir adelante con la comparación de este modelo. De la misma manera, los engranajes quedarán eliminados del proceso porque no tienen ninguna ventaja respecto al DATUM, y además tienen 3 inconvenientes respecto a éste.

Tras la eliminación de los modelos de los brazos articulados y engranajes, el nuevo DATUM pasaría a ser el sistema de motor, ya que por ahora es la mejor opción.

| Requerimientos                                    | K | Motor | Manivela con cojinete | Manivela con rodamientos |
|---|---|-------|-----------------------|--------------------------|
| Ergonómico  | 3 |       | -                     | -                        |
| Cómodo y fácil de usar                            | 4 |       | -                     | -                        |
| Fiable  | 4 |       | -                     | -                        |
| Buena sujeción del cobertor                       | 5 |       |                       |                          |
| Contacto cobertor-agua                            | 5 |       | S                     | S                        |
| Permitir limpieza interior                        | 3 |       |                       |                          |
| Mantener limpia la piscina al recoger el cobertor | 5 |       |                       |                          |
| No suponer un estorbo (en el perímetro exterior)  | 4 |       | S                     | S                        |
| Limpieza exterior                                 | 2 |       |                       |                          |
| Hacer poco ruido                                  | 1 |       | +                     | +                        |
| Buena apariencia                                  | 4 |       | S                     | S                        |
| Permitir accionar los mecanismos                  | 3 |       | S                     | S                        |
| Protección del cobertor                           | 4 |       |                       |                          |
| Fácil mantenimiento                               | 2 |       | -                     | -                        |
| Seguro  | 3 |       | S                     | S                        |
| Permitir paro de urgencia                         | 4 |       | -                     | -                        |
| No interferir en el uso habitual de la piscina    | 4 |       |                       |                          |
| Soportar distintas temperaturas                   | 5 |       | +                     | +                        |
| Evitar corrosión y oxidación                      | 5 |       | S                     | S                        |
| Tubo robusto                                      | 4 |       | S                     | S                        |
| Soportar condiciones climatológicas adversas      | 4 |       |                       |                          |

|  |   |  |  |  |
|--|---|--|--|--|
| Soportar humedad   | 4 |  |  |  |
| Soportar posibles cargas de uso indebido por parte de los usuarios | 2 |  |  |  |

|            |       |   |   |
|------------|-------|---|---|
| $\Sigma+$  |       | 2 | 2 |
| $\Sigma S$ | DATUM | 8 | 8 |
| $\Sigma-$  |       | 5 | 5 |

Aunque existen diferencias entre un diseño y otro, se elegirá el diseño del motor por tener mayores ventajas frente a los otros dos. A pesar de que el motor tiene un rango de temperaturas más estrecho que el resto de los mecanismos, debido a los valores de temperatura que se han especificado en el Pliego de Condiciones Funcional, esto no supondrá ningún problema en el caso de esta aplicación. El ruido no cobra mucha importancia en este diseño, aun así en el diseño preliminar se intentara reducir este valor al mínimo posible.

### Protector del cobertor

En cuanto a la elección de si se protege o no el cobertor, y teniendo en cuenta 3 distintas carcasas protectoras, se ha llegado a cuatro posibles soluciones. Una de las soluciones es seguir el ejemplo de los modelos ya existentes, sin ningún tipo de carcasa, y las otras tres soluciones son tres tipos de carcasa que se pueden ver en la *ilustración 32*.

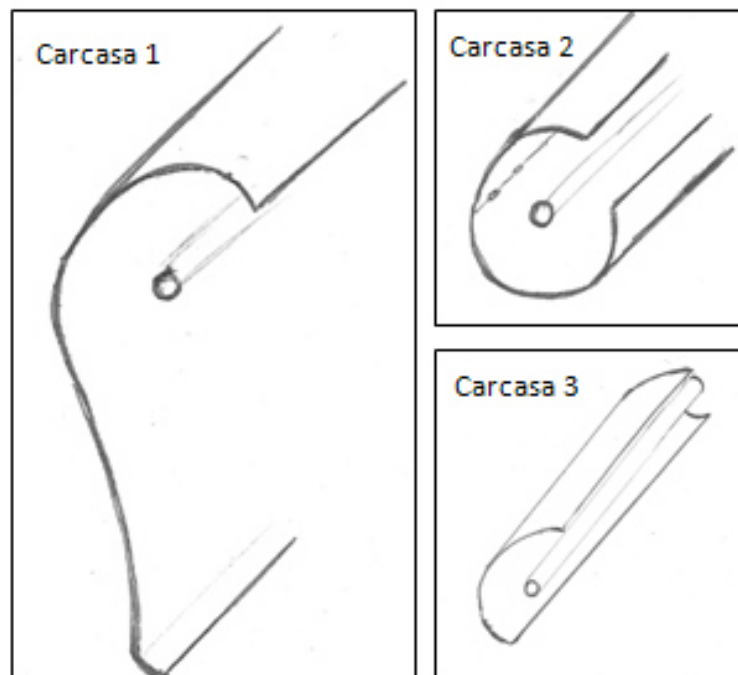


Ilustración 32. Carcasas protectoras

Se escogerá como DATUM la carcasa 1, creyendo que es el mejor de las soluciones para este concepto.

| Requerimientos   | K | Sin protector | Carcasa 1 | Carcasa 2 | Carcasa 3 |
|--|---|---------------|-----------|-----------|-----------|
| Ergonómico   | 3 |               |           |           |           |
| Cómodo y fácil de usar   | 4 |               |           |           |           |
| Fiable   | 4 | -             |           | S         | S         |
| Buena sujeción del cobertor  | 5 |               |           |           |           |
| Contacto cobertor-agua   | 5 |               |           |           |           |
| Permitir limpieza interior   | 3 | +             |           | +         | S         |
| Mantener limpia la piscina al recoger el cobertor                  | 5 |               |           |           |           |
| No suponer un estorbo (en el perímetro exterior)                   | 4 | +             |           | S         | S         |
| Limpieza exterior  | 2 | S             |           | S         | S         |
| Hacer poco ruido   | 1 |               |           |           |           |
| Buena apariencia   | 4 | -             |           | -         | -         |
| Permitir accionar los mecanismos                                   | 3 | S             |           | S         | S         |
| Protección del cobertor  | 4 | -             |           | S         | -         |
| Fácil mantenimiento  | 2 |               |           |           |           |
| Seguro   | 3 | -             |           | S         | S         |
| Permitir paro de urgencia  | 4 |               |           |           |           |
| No interferir en el uso habitual de la piscina                     | 4 | S             |           | S         | S         |
| Soportar distintas temperaturas                                    | 5 |               |           |           |           |
| Evitar corrosión y oxidación                                       | 5 | -             |           | S         | S         |
| Tubo robusto   | 4 |               |           |           |           |
| Soportar condiciones climatológicas adversas                       | 4 | -             |           | +         | -         |
| Soportar humedad   | 4 |               |           |           |           |
| Soportar posibles cargas de uso indebido por parte de los usuarios | 2 | S             |           | S         | S         |

|           |   |              |   |   |
|-----------|---|--------------|---|---|
| <b>Σ+</b> | 2 |              | 2 | 0 |
| <b>ΣS</b> | 4 | <b>DATUM</b> | 9 | 9 |
| <b>Σ-</b> | 6 |              | 1 | 3 |

Se eliminará la opción de no utilizar ningún protector para el cobertor cuando éste está recogido, ya que se ve que se pueden obtener soluciones mejores para así mejorar la calidad del producto.

Se volverá a realizar el DATUM pero en este caso la carcasa 2 será el modelo de referencia:

| Requerimientos   | K | Carcasa 1 | Carcasa 2 | Carcasa 3 |
|--|---|-----------|-----------|-----------|
| Ergonómico   | 3 |           |           |           |
| Cómodo y fácil de usar   | 4 |           |           |           |
| Fiable   | 4 | S         |           | S         |
| Buena sujeción del cobertor  | 5 |           |           |           |
| Contacto cobertor-agua   | 5 |           |           |           |
| Permitir limpieza interior   | 3 | -         |           | -         |
| Mantener limpia la piscina al recoger el cobertor                  | 5 |           |           |           |
| No suponer un estorbo (en el perímetro exterior)                   | 4 | S         |           | S         |
| Limpieza exterior  | 2 | S         |           | S         |
| Hacer poco ruido   | 1 |           |           |           |
| Buena apariencia   | 4 | +         |           | -         |
| Permitir accionar los mecanismos                                   | 3 | S         |           | S         |
| Protección del cobertor  | 4 | S         |           | -         |
| Fácil mantenimiento  | 2 |           |           |           |
| Seguro   | 3 | S         |           | S         |
| Permitir paro de urgencia  | 4 |           |           |           |
| No interferir en el uso habitual de la piscina                     | 4 | S         |           | S         |
| Soportar distintas temperaturas                                    | 5 |           |           |           |
| Evitar corrosión y oxidación                                       | 5 | S         |           | S         |
| Tubo robusto   | 4 |           |           |           |
| Soportar condiciones climatológicas adversas                       | 4 | -         |           | -         |
| Soportar humedad   | 4 |           |           |           |
| Soportar posibles cargas de uso indebido por parte de los usuarios | 2 | S         |           | S         |

|            |   |       |   |
|------------|---|-------|---|
| $\Sigma+$  | 1 |       | 0 |
| $\Sigma S$ | 9 | DATUM | 8 |
| $\Sigma-$  | 2 |       | 4 |

La carcasa 2 será la elegida para llevar a cabo el diseño en preliminar y posteriormente el diseño en detalles, ya que presenta mayores ventajas frente al resto de las opciones presentadas.

### Sujeción del cobertor

El caso de la elección de la sujeción la dificultad de elección se simplifica considerablemente porque solamente se han generado tres alternativas posibles.

Con el fin de recordar las soluciones para las sujeciones definidas anteriormente se muestra la *ilustración 33*.

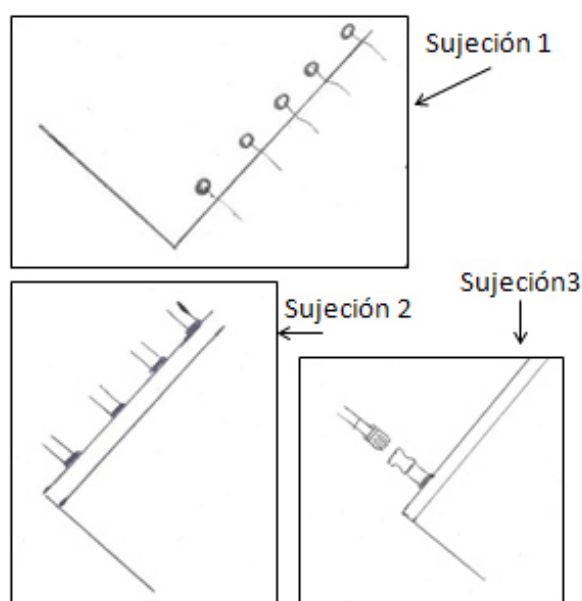


Ilustración 33. Sujeción cobertor

El DATUM que se ha elegido por considerarlo el mejor diseño o idea, ha sido la sujeción 3.

| Requerimientos              | K | Sujeción 1 | Sujeción 2 | Sujeción 3 |
|-----------------------------|---|------------|------------|------------|
| Ergonómico                  | 3 |            |            |            |
| Cómodo y fácil de usar      | 4 | -          | -          |            |
| Fiable                      | 4 | -          | S          |            |
| Buena sujeción del cobertor | 5 | -          | -          |            |
| Contacto cobertor-agua      | 5 | S          | S          |            |
| Permitir limpieza interior  | 3 |            |            |            |

|  |   |   |   |  |
|--|---|---|---|--|
| Mantener limpia la piscina al recoger el cobertor                  | 5 |   |   |  |
| No suponer un estorbo (en el perímetro exterior)                   | 4 |   |   |  |
| Limpieza exterior  | 2 |   |   |  |
| Hacer poco ruido   | 1 |   |   |  |
| Buena apariencia   | 4 | - | S |  |
| Permitir accionar los mecanismos                                   | 3 |   |   |  |
| Protección del cobertor  | 4 |   |   |  |
| Fácil mantenimiento  | 2 | S | S |  |
| Seguro   | 3 | - | S |  |
| Permitir paro de urgencia  | 4 |   |   |  |
| No interferir en el uso habitual de la piscina                     | 4 |   |   |  |
| Soportar distintas temperaturas                                    | 5 |   |   |  |
| Evitar corrosión y oxidación                                       | 5 |   |   |  |
| Tubo robusto   | 4 |   |   |  |
| Soportar condiciones climatológicas adversas                       | 4 |   |   |  |
| Soportar humedad   | 4 | S | S |  |
| Soportar posibles cargas de uso indebido por parte de los usuarios | 2 |   |   |  |

|           |   |   |       |
|-----------|---|---|-------|
| <b>Σ+</b> | 0 | 0 |       |
| <b>ΣS</b> | 3 | 6 | DATUM |
| <b>Σ-</b> | 5 | 2 |       |

El DATUM que se ha elegido como mejor idea o diseño, ha resultado ser la mejor opción, por lo que la sujeción elegida para el diseño final ha sido la 3.

### Posición del mecanismo

La elección de la correcta posición del mecanismo también es muy importante, las posibles soluciones se recuerdan en la *ilustración 34*, es decir, por encima del nivel de la piscina, al nivel de la piscina, por debajo del nivel de la piscina o dentro del vaso de la piscina.



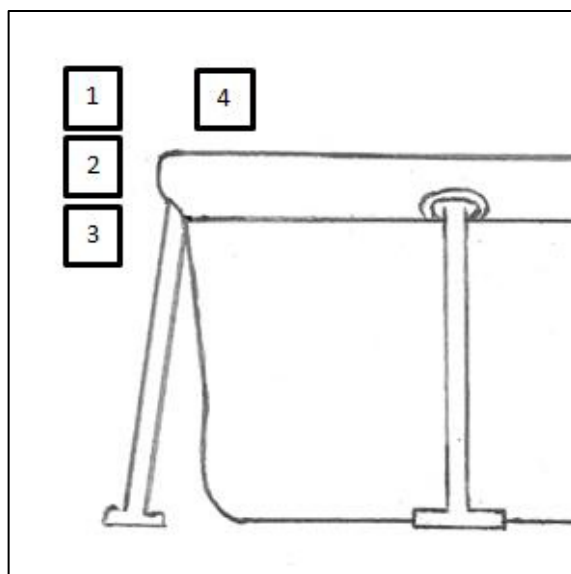


Ilustración 34. Posición del mecanismo

Se ha decidido que la mejor posición para el mecanismo es la número dos, es decir, a la altura del borde de la piscina, y éste será el DATUM con el que se empezará a realizar la convergencia controlada.

| Requerimientos                                    | K | 1 Por encima | 2 A la altura del borde | 3 Por debajo | 4 Dentro del vaso |
|---|---|--------------|-------------------------|--------------|-------------------|
| Ergonómico  | 3 | S            |                         | -            | S                 |
| Cómodo y fácil de usar                            | 4 | +            |                         | -            | -                 |
| Fiable  | 4 |              |                         |              |                   |
| Buena sujeción del cobertor                       | 5 | S            |                         | S            | S                 |
| Contacto cobertor-agua                            | 5 |              |                         |              |                   |
| Permitir limpieza interior                        | 3 |              |                         |              |                   |
| Mantener limpia la piscina al recoger el cobertor | 5 |              |                         |              |                   |
| No suponer un estorbo (en el perímetro exterior)  | 4 | S            |                         | S            | +                 |
| Limpieza exterior                                 | 2 | S            |                         | S            | -                 |
| Hacer poco ruido                                  | 1 |              |                         |              |                   |
| Buena apariencia                                  | 4 | S            |                         | S            | -                 |
| Permitir accionar los mecanismos                  | 3 | S            |                         | -            | S                 |

|  |   |   |  |   |   |
|--|---|---|--|---|---|
| Protección del cobertor  | 4 |   |  |   |   |
| Fácil mantenimiento  | 2 |   |  |   |   |
| Seguro   | 3 | S |  | S | - |
| Permitir paro de urgencia  | 4 |   |  |   |   |
| No interferir en el uso habitual de la piscina                     | 4 | S |  | S | - |
| Soportar distintas temperaturas                                    | 5 |   |  |   |   |
| Evitar corrosión y oxidación                                       | 5 |   |  |   |   |
| Tubo robusto   | 4 |   |  |   |   |
| Soportar condiciones climatológicas adversas                       | 4 | S |  | + | S |
| Soportar humedad   | 4 |   |  |   |   |
| Soportar posibles cargas de uso indebido por parte de los usuarios | 2 | S |  | S | - |

|            |    |       |   |   |
|------------|----|-------|---|---|
| $\Sigma+$  | 1  |       | 1 | 1 |
| $\Sigma S$ | 10 | DATUM | 7 | 4 |
| $\Sigma-$  | 0  |       | 3 | 6 |

Por un lado se puede ver que la posición 4, la que corresponde a dentro del vaso, es bastante deficiente respecto al resto de las posiciones. Sus principales inconvenientes son las dificultades de manipulación, limpieza y seguridad.

Por otro lado, la posición 1 (por encima del borde de la piscina) cumple mejor los requerimientos que se buscan, por lo que éste será el nuevo DATUM.

| Requerimientos                                    | K | 1 Por encima | 2 A la altura del borde | 3 Por debajo |
|---|---|--------------|-------------------------|--------------|
| Ergonómico  | 3 |              | S                       | -            |
| Cómodo y fácil de usar                            | 4 |              | -                       | -            |
| Fiable  | 4 |              |                         |              |
| Buena sujeción del cobertor                       | 5 |              | S                       | S            |
| Contacto cobertor-agua                            | 5 |              |                         |              |
| Permitir limpieza interior                        | 3 |              |                         |              |
| Mantener limpia la piscina al recoger el cobertor | 5 |              |                         |              |

|  |   |  |   |   |
|--|---|--|---|---|
| No suponer un estorbo (en el perímetro exterior)                   | 4 |  | S | S |
| Limpieza exterior  | 2 |  | S | S |
| Hacer poco ruido   | 1 |  |   |   |
| Buena apariencia   | 4 |  | S | S |
| Permitir accionar los mecanismos                                   | 3 |  | S | - |
| Protección del cobertor  | 4 |  |   |   |
| Fácil mantenimiento  | 2 |  |   |   |
| Seguro   | 3 |  | S | S |
| Permitir paro de urgencia  | 4 |  |   |   |
| No interferir en el uso habitual de la piscina                     | 4 |  | S | S |
| Soportar distintas temperaturas                                    | 5 |  |   |   |
| Evitar corrosión y oxidación                                       | 5 |  |   |   |
| Tubo robusto   | 4 |  |   |   |
| Soportar condiciones climatológicas adversas                       | 4 |  | S | + |
| Soportar humedad   | 4 |  |   |   |
| Soportar posibles cargas de uso indebido por parte de los usuarios | 2 |  | S | S |

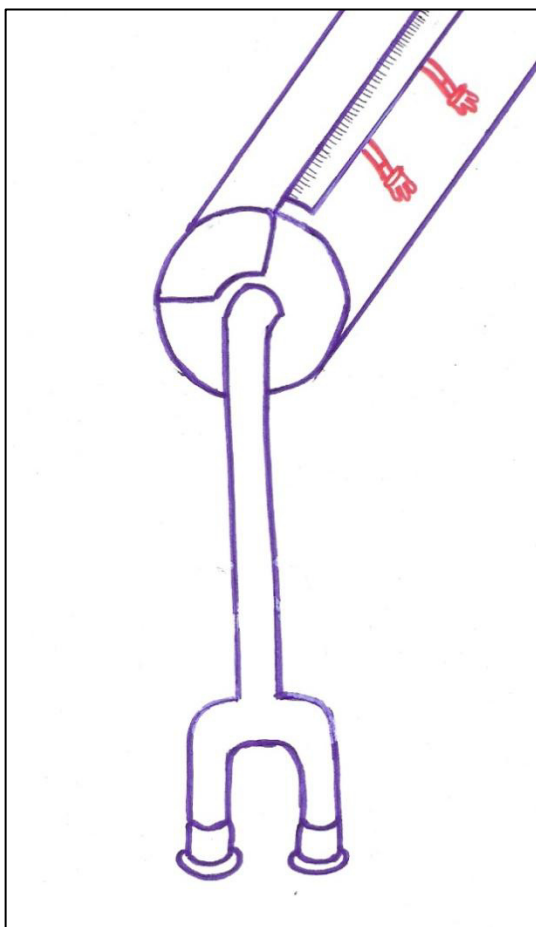
|            |       |    |   |
|------------|-------|----|---|
| $\Sigma+$  |       | 0  | 1 |
| $\Sigma S$ | DATUM | 10 | 7 |
| $\Sigma-$  |       | 1  | 3 |

La posición del mecanismo será por encima del nivel de la piscina (posición 1), tanto por ser más fácil de usar, ya que al extender el cobertor al ser un objeto blando, es mejor que el enrollador esté posicionado a una altura superior. Y por otro lado permite mejor accionar los mecanismos y es más ergonómico que algunas del resto de las opciones. En esta posición el mecanismo estará más expuesto a condiciones climatológicas adversas.

### 9.3 RESULTADO FINAL DEL DISEÑO CONCEPTUAL

Tras la evaluación de las soluciones generadas, en principio, el diseño conceptual del enrollador del cobertor de verano de piscinas elevadas que se pretende diseñar será la combinación de las mejores soluciones que se han obtenido en cada DATUM. Sin embargo, esta combinación generalmente no suele ser el mejor diseño, ya que se ha considerado cada aspecto o concepto por separado y no como una única unidad. Con el fin de evitar un diseño erróneo o deficiente, habrá que repasar una vez más el Pliego de Condiciones Funcional que se ha realizado para comprobar si este diseño cumple con todas las especificaciones o no.

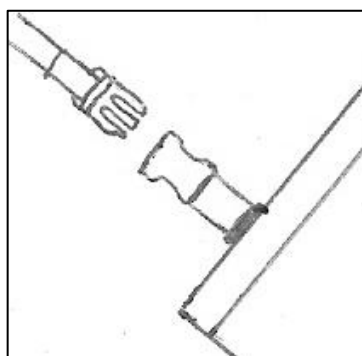
El diseño conceptual que se ha obtenido teniendo en cuenta el resultado del DATUM correspondiente a cada concepto, y realizando dicha combinación, éste es el siguiente:



**Ilustración 35. Diseño conceptual**

Donde el eje de giro del mecanismo estará por encima del nivel de la piscina, intentando evitar en la medida de lo posible que el producto la facilidad de accionamiento y funcionamiento correcto del producto.

En cuanto a la sujeción respecto al cobertor, éste se muestra con mayor detalle en la *ilustración 36*.

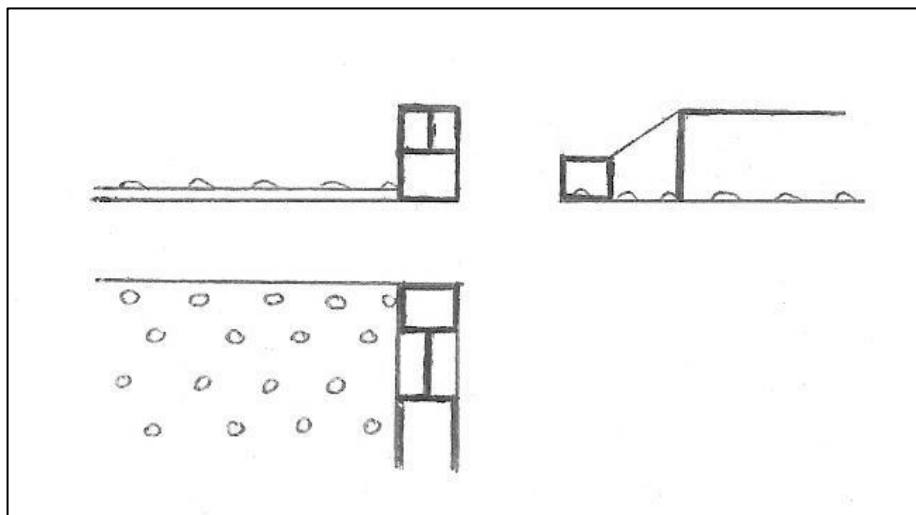


**Ilustración 36. Diseño conceptual agarres**

Tras analizar nuevamente el Pliego de Condiciones Funcional, se ha determinado que se cumplen cada uno de los requerimientos excepto el de: mantener limpia la piscina al recoger el cobertor.

El cobertor tiene que estar en contacto directo con el agua de la piscina, y también se sabe que en este tipo de piscinas elevadas el nivel del agua tiene que estar al menos 10 cm por debajo del borde de la piscina. Por lo tanto, teniendo en cuenta esto y el funcionamiento de la piscina, a la hora de retirar el cobertor, la suciedad que se encuentre sobre el cobertor caerá al agua. En el borde de la piscina, el cobertor se pondrá casi verticalmente y cuando se llegue al final del cobertor la porquería caerá al agua. Por lo tanto, se dejaría de cumplir el requerimiento de mantener limpia la piscina a la hora de recoger el cobertor.

Tras barajar diversas opciones, se ha determinado que la mejor solución es añadir un accesorio a un lado del cobertor (el lado contrario al que está enganchado al enrollador). Este accesorio se muestra en la *ilustración 37*.



**Ilustración 37. Accesorio limpieza**

Una vez conseguido el diseño conceptual adecuado, que cumple satisfactoriamente todos los requerimientos que se han ido definiendo hasta ahora, en los apartados siguientes se desarrollará este diseño con mayor detalle.

## 10. Diseño preliminar

Gracias a la información obtenida hasta ahora y al diseño conceptual realizado, en esta nueva fase del proceso de diseño del producto, se tendrán en cuenta las dimensiones del producto, estética y materiales a elegir para cada parte del producto. Es decir, se decidirán todos los detalles que definirán completamente el diseño conceptual que se ha seleccionado.

Durante todo el diseño preliminar se tendrá en cuenta la norma “*Equipamiento para piscinas. Parte 1: Requisitos generales de seguridad y métodos de ensayo (UNE-EN 13451-1)*”, se elegirán los materiales, radios y demás basándose en la información extraída de dicha norma.

Primeramente se definirán las restricciones generales, que serán las dimensiones orientativas y el peso a soportar del producto. A continuación, se partirá con la elección del sistema motorizado adecuado para posteriormente poder elegir el material adecuado y definir las dimensiones finales del producto haciendo un estudio de todos los aspectos del conjunto.

### 10.1 DIMENSIONES Y PESO A SOPORTAR

Para poder dimensionar este producto, es importante primeramente conocer las dimensiones de la piscina y del cobertor que se va a utilizar en ella. Además ha de conocerse el peso del cobertor.

Como ya se ha comentado en apartados anteriores, mediante este diseño se pretende responder a la demanda de piscinas de 1.20 de altura, 3.65 de anchura y entre 5.40 y 9.15 m de largura (medidas exteriores). Hay que tener en cuenta, que al buscar un contacto total y continuo del cobertor con el agua de la piscina, el cobertor siempre tiene que ser igual a las medidas interiores de la piscina en lo que a anchura se refiere, pero siempre es mejor que la largura del cobertor sea ligeramente superior que la largura interior. Así se asegura el cubrir la piscina en toda su largura, y la anchura no supone un impedimento a la hora del contacto continuo agua-cobertor.

Estas medidas exteriores, interiores y anchura y largura del cobertor correspondiente se muestran en la siguiente tabla:

| Modelo | Medidas exterior<br>(m) | Medidas interior<br>(m) | Medidas<br>cobertor (m) |
|--------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| MAX1   | 5.40x3.65x1.20          | 4.75x3.00x1.20          | 4.79 x 3.00             |
| MAX2   | 6.65x3.65x1.20          | 6.00x3.00x1.20          | 6.04 x 3.00             |
| MAX3   | 9.15x3.65x1.20          | 8.50x3.00x1.20          | 8.54 x 3.00             |

A la hora de realizar cálculos y demás se tendrá en cuenta la dimensión del cobertor de mayor largura, ya que así se conseguirá un mismo producto para los tres tipos de piscina.

El espesor de estos cobertores flotantes de verano es de 6 mm. El tubo que hará de enrollador tendrá un diámetro de entre 70 mm y 170 mm, más adelante se especificarán estos valores. Por lo tanto el diámetro que obtendría el enrollador junto al cobertor (cuando éste está recogido) en el caso del cobertor más largo sería de entre 272 mm y 251 mm respectivamente. Estos valores dependerán principalmente del motor que se seleccione.

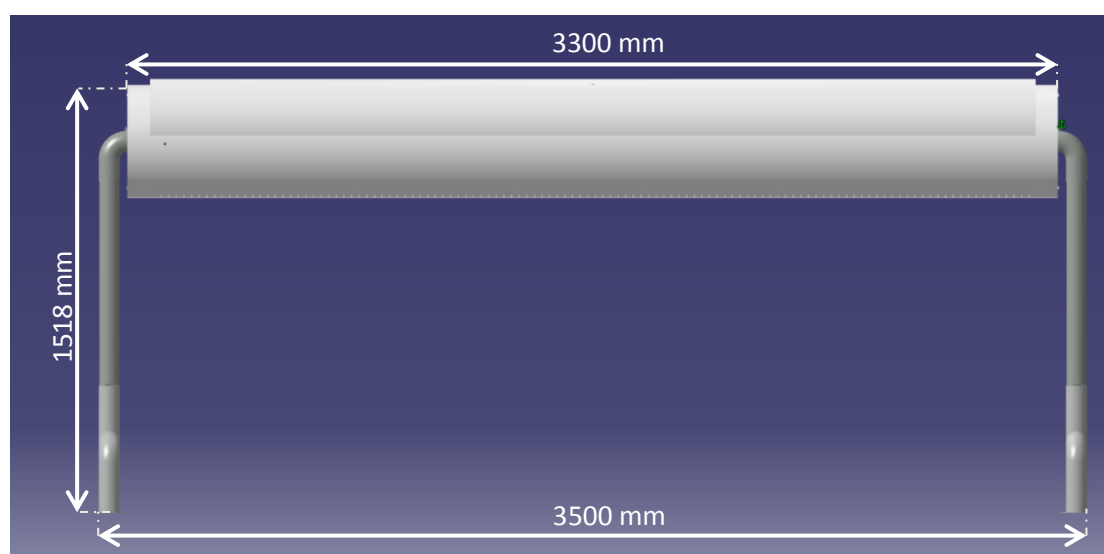
A la hora de decidir una altura para el producto, se tendrá en cuenta no sólo la información obtenida en el diseño conceptual, sino que además se recurrirá a datos estadísticos de la altura de la población en España según el Instituto Nacional de Estadística (INE). La tabla de la *ilustración 38* nos da la media de la altura de la población en España segmentada por rangos de edades.

|                | Entre 15 y 24 años | Entre 25 y 34 años | Entre 35 y 44 años | Entre 45 y 54 años | Entre 55 y 64 años |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>España</b>  |                    |                    |                    |                    |                    |
| <b>Total</b>   | 171,1              | 169,3              | 167,0              | 165,6              | 164,0              |
| <b>Varones</b> | 176,6              | 175,0              | 172,8              | 171,0              | 169,0              |
| <b>Mujeres</b> | 165,6              | 163,6              | 161,1              | 160,4              | 159,3              |

**Ilustración 38. Altura población**

Una vez definida la anchura, la altura de la que se dotará este producto sería aproximadamente de 1.5 m. Ya que, el eje del tubo tiene que estar por encima del nivel de la piscina, es decir, a una altura de al menos 1.20 m. Además se tendrá en cuenta la ergonomía para el usuario a la hora de querer manipular el producto, recurriendo a los datos estadísticos de la altura de la población que se ha mencionado.

Las dimensiones orientativas del producto aparecen en la *ilustración 39*, aunque éstas pueden variar ligeramente dependiendo de las necesidades que se vayan viendo a lo largo del diseño preliminar.



**Ilustración 39. Dimensiones orientativas**

Por último, hay que fijar cual será la carga que ha de soportar el tubo debido al peso del cobertor. El peso por área del cobertor de verano es de  $440 \text{ gr/m}^2$ . Por lo tanto, el caso en el que mayor carga tendrá que soportar el tubo, será en el del cobertor para la piscina más larga (de 9.15m de largura exterior) que se tendrá en cuenta para este diseño, el peso de este cobertor es de 11.45 kg.

## 10.2 MECANISMO DE GIRO

El mecanismo de giro es el componente más importante de este producto, ya que condicionará el diseño del resto de los componentes y la selección del tipo de material de los mismos. Es por ello por el que éste es el punto de partida del diseño preliminar del producto.

### 10.2.1 Motor

El primer elemento a definir será el motor del mecanismo de giro. Ya que dependiendo de la fuerza que deba realizar y la velocidad de este motor habrá que definir el resto de los componentes del mecanismo de giro.

Tras valorar distintas opciones, se considera que el motor más adecuado para este producto será un motor tubular, llamado así por su forma. Este motor eléctrico se montará en el interior del tubo de enrollamiento del cobertor, es decir, en el interior del eje. Por lo tanto, éste girará en función del motor instalado. La principal ventaja es su fácil instalación y funcionamiento, y el hecho de que ocupa muy poco y es compacto. Este tipo de motores son los más utilizados para su instalación en persianas, toldos y aplicaciones de similares características.

Sabiendo que el peso máximo del cobertor es de 11.45 kg, habrá que tener en cuenta que encima del cobertor puede haber agua, e incluso otras cargas adicionales. Por lo tanto, la masa que se debe considerar será algo más elevada que ese peso inicial del cobertor, y se utilizará un coeficiente de seguridad.

El motor que se ha seleccionado para este proyecto será el modelo **L120/3GHK** de la compañía alemana **Becker**. En la *ilustración 40* se puede ver el aspecto del motor elegido para el mecanismo de giro.



Ilustración 40. Motor tubular L120/3GHK



Las razones principales por las que se ha elegido este modelo en concreto son las siguientes:

- ✓ Estar preparado para aplicaciones como cubiertas de piscinas
- ✓ Un mando con relé integrado (ARRIBA y ABAJO) permite el funcionamiento con interruptores
- ✓ El ajuste de posición final es muy sencillo de hacer, pudiendo regularlo cada usuario a sus gustos o necesidades
- ✓ Trabaja con pequeños valores de voltaje y corriente
- ✓ Es seguro y fiable
- ✓ Permite operación de emergencia mediante manivela en caso de que falle la red eléctrica
- ✓ Silencioso
- ✓ Su elevado momento de torsión capaz de responder al peso que se requiere en esta aplicación
- ✓ El árbol de salida del motor solamente se mueve si así se indica mediante los controles eléctricos o utilizando la operación de emergencia, por lo tanto el árbol está bloqueado para evitar acciones indeseadas

Los *datos técnicos* de este motor tubular de corriente continua de Becker se muestran en la tabla de la *ilustración 41*.

| Denominación  | Número de artículo | Momento de torsión (Nm) | Régimen (rpm) | Margen del interruptor fin de carrera (vueltas) | Tensión nominal (V/CC) | Corriente nominal (A) | Consumo de potencia (W) |
|---|--------------------|-------------------------|---------------|---|------------------------|-----------------------|-------------------------|
| L120/3GHK   | 2120 060 002 0     | 120                     | 3             | 38  | 24                     | 5,0                   | 120                     |
| Modo de funcionamiento: S2 8 min      Grado de protección: IP44      Cable de conexión: 4 m |                    |                         |               |   |                        |                       |                         |

**Ilustración 41. Datos técnicos L120/3GHK**

La tensión nominal del motor es de 24V de corriente continua (DC) con una corriente nominal de 5A. Es por ello por lo que se necesita un **convertidor AC/DC** para poder alimentar el motor mediante la red eléctrica doméstica del usuario (220V corriente alterna (AC)).

El circuito eléctrico diseñado para este motor tubular en este producto se muestra en el **ANEXO A**.

La información necesaria para la fijación de las posiciones finales, junto a la información de empleo de la manivela en caso de falta de corriente eléctrica se especifica en el **ANEXO B**. Esta fijación de posiciones finales la hará cada usuario una vez instalado el producto, ya que estas posiciones cambiarán en función de la largura del cobertor de cada piscina.

Las **dimensiones principales** del motor tubular seleccionado se muestran en la ilustración 42.

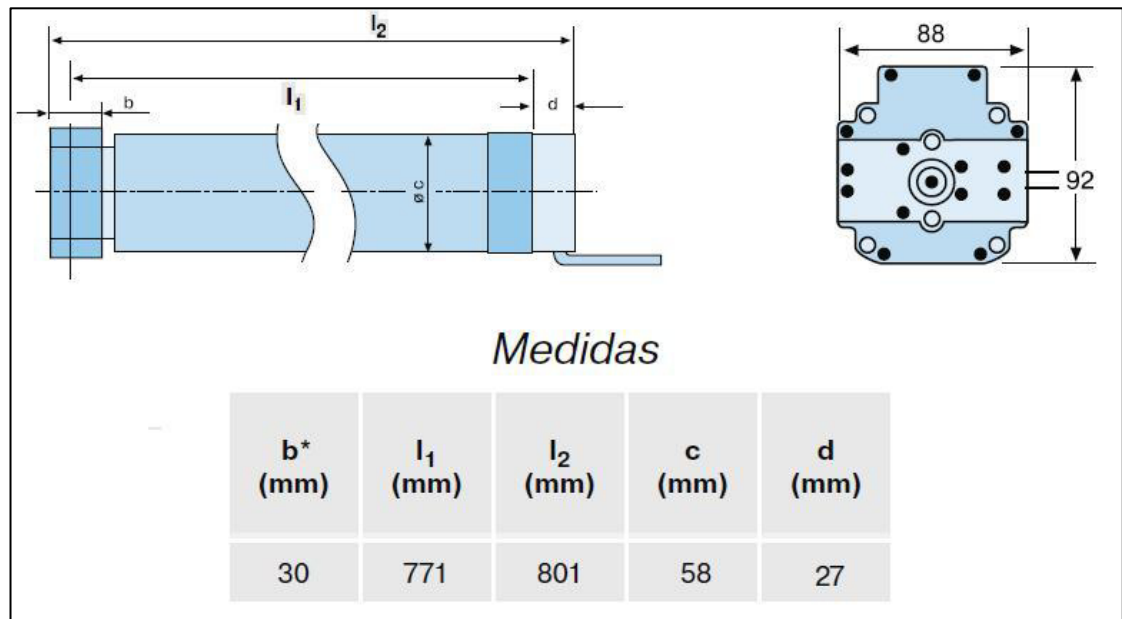


Ilustración 42. Dimensiones L120/3GHK, donde b depende de la rueda motriz

A continuación, con el fin de comprobar la correcta elección del motor tubular, se calculará la **carga máxima** que puede ser soportada por él. En los datos técnicos el fabricante se indica que el momento de torsión es de 120 Nm y la velocidad de 3 rpm, es decir, 0.31416 rad/s. Ese momento será el valor máximo con los que debería trabajar el motor tubular.

Por lo tanto, haciendo uso de la información mostrada en los datos técnicos del motor, la potencia máxima que transmite el motor al eje será la siguiente:

$$P = M \times \omega = 120 \text{ Nm} \times 0.31416 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 37.7 \text{ W}$$

Y de la misma manera, por la definición de la potencia, se cumple la siguiente expresión:

$$P = F \times v_{\text{masa}} = 37.7 \text{ W}$$

Para poder determinar la carga que el motor puede elevar o soportar primeramente hay que determinar la velocidad de la masa que eleva el motor.

$$v_{\text{masa}} = v_o + v_{\text{masa/o}}$$

Donde  $v_o$  es la velocidad inicial de elevación, la cual será cero porque se partirá de la posición parada, y  $v_{\text{masa/o}}$  es la velocidad del cobertor respecto al centro del eje/motor. Como se verá más adelante, debido al motor tubular elegido y a su rueda motriz correspondiente, el eje tendrá un diámetro de 80 mm.

$$v_{masa} = v_{masa/o} = \omega \times R = 0.31416 \frac{rad}{s} \times 40 \text{ mm} = 12.57 \text{ mm/s}$$

Por lo tanto:

$$F = \frac{37.7 \text{ W}}{12.57 \frac{mm}{s} \times \frac{m}{1000 \text{ mm}}} = 3000 \text{ N}$$

Con el fin de asegurar esa fuerza capaz de aguantar por parte del motor, se utilizará un coeficiente de seguridad de 1.5 al considerarse el elemento vital del producto, de manera que:

$$F = 2000 \text{ N}$$

Teniendo en cuenta el peso del cobertor que se ha calculado en el apartado anterior, este motor supera con creces la fuerza a la que estará sometido por lo que el motor elegido responderá sin problemas y además no se verá forzado.

### Soporte del motor

El motor debe estar bien sujeto para así evitar vibraciones o posibles deterioros tanto en el motor como en el resto de los componentes.

Con el fin de conseguir la máxima sujeción del motor al soporte, y posteriormente del soporte al eje, se utilizará un soporte metálico con cuatro puntos de sujeción. El metal que se utilizará será la aleación de aluminio-zinc 7075. Esta aleación es muy utilizada para elementos sometidos a fatiga, debido a su alto límite elástico. Se anodizará para mejorar su resistencia a la oxidación.

Su estado es T7351, por lo que ha sufrido un tratamiento térmico de endurecimiento estructural, concretamente a un tratamiento térmico de solución, temple y sobremaduración. Mediante estos procesos se han conseguido las propiedades que se han considerado adecuadas para esta aplicación.

Las características mecánicas de este metal aleado se muestran en la tabla de la ilustración 43.

| Aleación<br>aluminio | Carga rotura<br>$R_m - \text{N/mm}^2$ | Límite elástico<br>$R_{p0.2} - \text{N/mm}^2$ | Alargamiento<br>A 5,65% | Dureza Brinell<br>HB |
|----------------------|---------------------------------------|---|-------------------------|----------------------|
| 7570 – T7351         | 505                                   | 435   | 13                      | 140                  |

Ilustración 43. Aleación aluminio 7075 - T7351

Con el fin de evitar posibles vibraciones, se instalará una placa antivibratoria entre el motor tubular y este apoyo. Este material rígido posibilitará la reducción de vibraciones. Para ello, se ha elegido la placa **Regufoam vibration 190 plus**, el grosor de la placa será de 12 mm. En la elección de esta placa se ha tenido en cuenta la carga estática continua, cuyos resultados se expondrán más adelante.

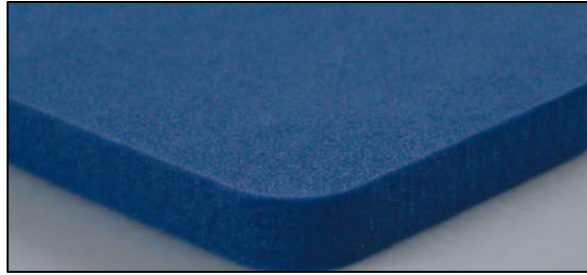


Ilustración 44. Placa antivibratoria Regufoam

### 10.2.2 Eje enrollador y sus componentes

Hay que seleccionar el tubo que hará de eje enrollador y sus dimensiones y los componentes necesarios del mismo.

Para ello primeramente habrá que elegir la rueda motriz que se ha de acoplar al árbol de salida del automatismo tubular, posteriormente se montará el eje sobre esta rueda. La rueda motriz será girada por el motor tubular, que a su vez hará girar el eje enrollador.

#### Rueda motriz

Se ha elegido una rueda motriz con escotaduras. Este tipo de rueda motriz se utiliza para ejes acanalados, en este caso concreto con el fin de que posteriormente se puedan enganchar ahí las cintas o amarres que servirán de sujeción para el cobertor. De esta manera la sujeción de las cintas al eje se realizará de una manera sencilla, será fácil de instalar y se conseguirá una alta fiabilidad.

La rueda motriz elegida, que también corresponde al catálogo de motores consultado para la elección del motor tubular, es **R. Motriz ZF80x1.2** (referencia 4931 300 148 0) del fabricante Zurflüh Feller.

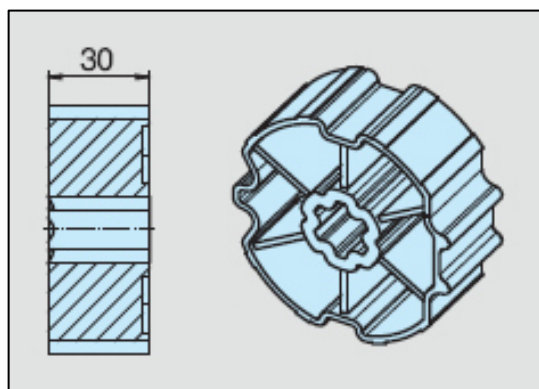


Ilustración 45. Rueda motriz ZF80x1.2

Tras la instalación del producto, para fijar esta rueda motriz al árbol de salida del motor tubular se recomienda utilizar una unión atornillada mediante un **tornillo M6x12** con su correspondiente arandela, ya que así se especifica en las del fabricante del motor tubular.

De la misma manera, para unir la rueda motriz con el eje enrollador, el fabricante recomienda utilizar **tornillos de fijación**.

### Eje enrollador

Como ya se ha comentado el eje enrollador será acanalado. Su largura será de 3.14 m, ya que la anchura del cobertor es de 3 m. Por otro lado, el diámetro interior será de 78 mm y tendrá una forma circular. El espesor del tubo del eje será de 1 mm.

En cuanto al material que se utilizará para el **eje acanalado**, éste deberá de ser ligero y totalmente resistente a humedad y corrosión. El material utilizado será el aluminio 1200 H14, las razones de esta elección son principalmente su ligereza, su precio en el mercado actual y su buena aptitud tecnológica para el anodizado. Sometiendo esta barra a un proceso de anodizado, se conseguirá un material muy resistente a la oxidación y corrosión, y podrá aguantar con mayor facilidad las condiciones a la que estará expuesto. Además las propiedades estéticas que se conseguirán serán buenas.

En la *ilustración 46* se muestran las características de esta aleación de aluminio (aluminio puro 99%).

| Aleación<br>aluminio | Carga rotura<br>$R_m$ - N/mm <sup>2</sup> | Límite elástico<br>$R_p 0.2$ - N/mm <sup>2</sup> | Alargamiento<br>A 5,65% | Dureza Brinell<br>HB |
|----------------------|---|--|-------------------------|----------------------|
| 1200 - H14           | 125                                       | 115  | 9                       | 37                   |

Ilustración 46. Aluminio 1200 H14

Su estado H14 indica el proceso de fabricación que ha seguido, se realiza deformación plástica en frío hasta obtener una resistencia mecánica superior al del aluminio puro, la cual se obtiene mediante un tratamiento térmico de recocido parcial. Así pues, se consigue un estado semiduro, y se considera que este material es el adecuado para las funciones que realizará el eje.

A la hora de realizar los cálculos, se dejará a un lado el acanalamiento del eje, ya que las dimensiones del mismo serán muy pequeñas y esto no supondrá ningún cambio importante en su comportamiento.

### Cargas en el eje

La fuerza máxima que actuará sobre el eje será la que viene del peso del cobertor, es decir, cuando éste esté completamente recogido, pero también habrá que tener en cuenta el peso propio de dicho eje. Teniendo en cuenta las dimensiones del eje enrollador y el peso específico de la aleación de aluminio 1200 H14, este peso propio será de 2.12 kg.

A pesar de que existen algunas variedades en los cobertores, la masa del cobertor que se utilizará para hacer los cálculos será la masa del cobertor de verano más utilizado del mercado, es decir, una masa de 11.45 kg para el caso de mayor dimensión del cobertor en esta aplicación. Además se ha decidido añadir 5 kg más como masa adicional ante posibles variantes de los tipos de cobertores de verano que puedan salir al mercado. Éste será el

peso máximo (18.57 kg), y la fuerza máxima (182.17 N), que deberá de soportar el eje en el peor de los casos, es decir, cuando el cobertor esté totalmente enrollado sobre él.

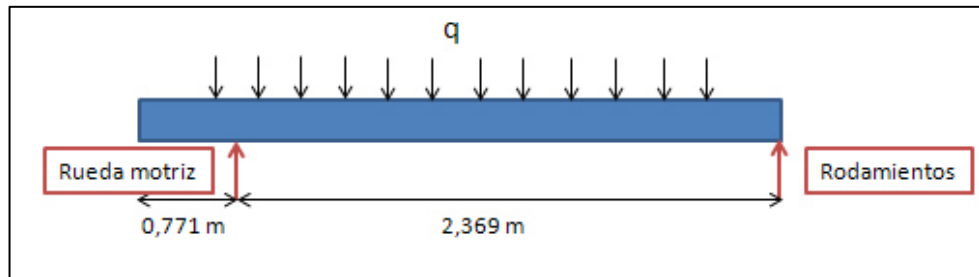


Ilustración 47. Cargas en el eje

Suponiendo que el sistema está en equilibrio y teniendo en cuenta las ecuaciones de los métodos de estática:

$$F_x = 0$$

$$F_y = 0 = qxL - R_{y \text{ Rueda motriz}} - R_{y \text{ Rodamientos}}$$

$$M_{Rod.} = 0 = R_{y \text{ Rueda motriz}}xD - qxLxD$$

Para calcular la fuerza que soporta cada apoyo, se utilizarán la segunda y la tercera ecuación.

Se utilizará un factor de seguridad de 1.2. La carga del peso del cobertor y el peso propio que sufre el eje se repartirá en los dos apoyos: la rueda motriz y los rodamientos. El valor de esta fuerza o carga a soportar por el eje con la máxima carga del cobertor es de 218.6 N. Esta carga estará distribuida a lo largo del eje en la anchura del cobertor.

$$M_{Rod.} = 0 = R_{Rueda \text{ motriz}} \times 2.369 \text{ m} - 218.6 \text{ N} \times 1.57 \text{ m}$$

$$R_{Rueda \text{ motriz}} = 144.87 \text{ N}$$

Y por lo tanto en los rodamientos:

$$R_{Rodamientos} = 73.73 \text{ N}$$

### ***Esfuerzo cortante***

El tubo que servirá como eje enrollador estará sometido a fuerzas transversales, es decir, si se efectuase un corte en el eje, las fuerzas que actúan sobre éste serían paralelas a la sección.

Como ya se ha dicho, a la hora de hacer los cálculos, se dejará a un lado el acanalamiento del eje, ya que va a ser de pequeñas dimensiones y no supondrá ninguna variación sustancial.

Como ya se ha especificado anteriormente, la fuerza generada debido al peso del cobertor estará distribuida por toda la largura ocupada por el cobertor, por lo tanto, se calculará el esfuerzo cortante promedio cada 30 mm de la largura del cobertor:

$$\tau_{prom} = \frac{P}{A} = \frac{\frac{218.6 \text{ N}}{3040 \text{ mm}} \times 30 \text{ mm}}{\pi x \frac{80 \text{ mm}}{2}^2 - \pi x \frac{78 \text{ mm}}{2}^2} = 0.009 \text{ N/mm}^2$$

El valor calculado anteriormente es el esfuerzo cortante medio, sin embargo, no existe el mismo esfuerzo cortante en todos los puntos del eje. Habrá que calcular el valor del esfuerzo cortante máximo, ya que, estos esfuerzos no se distribuyen por igual a lo largo del eje.

Este valor del esfuerzo cortante máximo viene dado por la expresión:

$$\tau_{max} = \frac{3}{2} x \frac{V_{max}}{A}$$

Donde el valor de  $V_{max}$  se consigue partiendo el eje en el lado de cada apoyo y este valor será igual a la fuerza máxima que equilibra dicho apoyo, por lo tanto, en este caso será 144.87 N (la fuerza máxima que se dará en la rueda motriz). Y por otro lado A es el área transversal del eje.

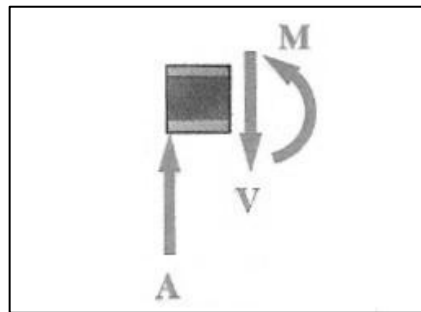


Ilustración 48.  $V_{max}$

Por lo tanto el esfuerzo cortante máximo será:

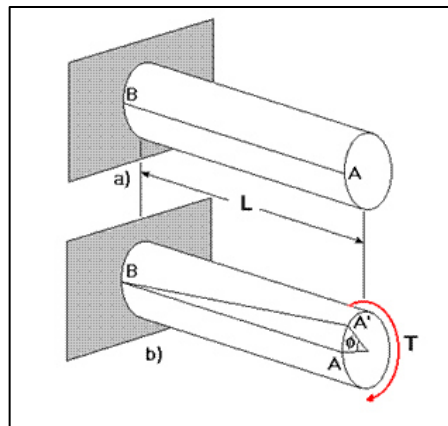
$$\tau_{max} = \frac{3}{2} x \frac{144.87 \text{ N}}{A} = 0.88 \text{ N/mm}^2$$

Como se puede observar, analizando las características de la aleación aluminio seleccionado, el límite elástico tiene un valor de  $115 \text{ N/mm}^2$ , y el límite de ruptura  $125 \text{ N/mm}^2$ . Estos valores están muy por encima de los valores obtenidos como esfuerzos cortantes de este eje.

### ***Esfuerzo-deformación en torsión***

La torsión es la sollicitación que se presenta cuando se aplica un par o momento sobre un elemento. En este caso, el eje enrollador que ya se ha definido se instalará en el motor. Este eje sólo sufrirá la fuerza giro en uno de sus extremos (el extremo del árbol de salida del motor), que hará que gire todo el eje, por ello, al estar sufriendo un giro en un único extremo el eje estará sometido a fuerzas de torsión. En la *ilustración 49* se muestra este fenómeno, el caso a) corresponde a un elemento en estado normal, y el caso b) el mismo elemento sufriendo torsión.

En este caso, el momento o par de torsión que podrá soportar el motor tubular, y por lo tanto el eje en el que estará montado, será de 120 Nm como máximo según los datos proporcionados por el fabricante.



**Ilustración 49. Torsión**

Sin embargo, hay que tener en cuenta que el momento que sufrirá el eje nunca alcanzará ese valor máximo de momento definido por el fabricante, ya que la carga sobre el eje nunca llegará al valor máximo aguantable por el motor que se ha especificado en el apartado anterior.

En el caso del par de torsión o momento de torsión donde todos los esfuerzos cortantes del eje de apoyo del motor se encuentran por debajo de la resistencia a la cedencia o fluencia, no habrá deformación permanente. La resistencia a la cedencia se encuentra justo encima del límite elástico y del límite de proporcionalidad. Por lo tanto, se comparará el esfuerzo por torsión obtenido como el límite elástico del material para así poder asegurar su no deformación.

En la *ilustración 50* se muestra una gráfica de esfuerzo-deformación de metales con límites y puntos.



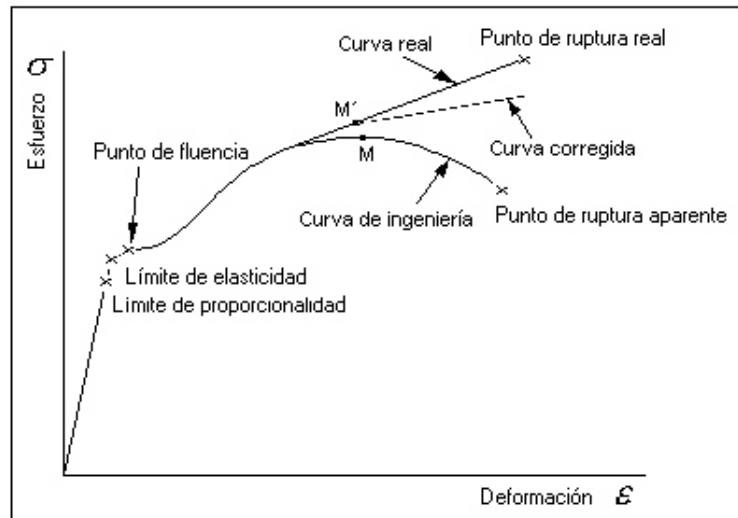


Ilustración 50. Esfuerzo - deformación

Teniendo en cuenta los datos del fabricante del motor, utilizando el valor del momento de torsión y las dimensiones del eje en el que irá instalado el motor, se calculará el esfuerzo cortante por torsión. En principio se supondrá que no hay deformación permanente, y por lo tanto, del desarrollo de la ley de Hooke se obtiene la siguiente expresión:

$$T = \frac{J \times \tau_{\max}}{c_2}$$

Donde, J es el momento polar de inercia,  $c_2$  es el radio del eje exterior del eje y  $c_1$  el radio interior y  $\tau_{\max}$  el esfuerzo cortante. Si  $\tau_{\max}$  excede al valor del límite elástico del material habrá deformación permanente.

El momento polar de inercia para un eje de sección hueca se define como:

$$J = \frac{1}{2} \times \pi \times (c_2^4 - c_1^4) = 3.87 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

Por lo tanto, en cualquier caso, el valor del esfuerzo cortante máximo que sufrirá el eje por torsión será:

$$\tau_{\max} = \frac{T \times c_2}{J} = 24\,787\,372.7 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 24.8 \text{ N/mm}^2$$

En cuyo caso también se cumplirá lo indicado en la *ilustración 51*, es decir, habrá un valor de esfuerzo cortante mínimo y otro máximo.

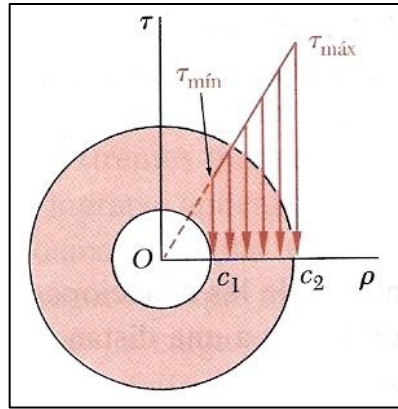


Ilustración 51. Esfuerzo por torsión

Y por lo tanto:

$$\tau_{min} = 24.16 \text{ N/mm}^2$$

El límite elástico de la aleación de aluminio que se ha seleccionado para el eje es de  $115 \text{ N/mm}^2$ .

Como se puede observar, el esfuerzo cortante máximo que sufrirá el eje durante su ciclo de vida es mucho menor que el límite elástico del material, y por consecuencia del límite de fluencia. Además este eje nunca llegará a ese valor máximo de momento de torsión, por lo que no habrá ningún problema con el material y las dimensiones del eje de sujeción seleccionado.

### Corona

Una vez fijado el eje enrollador elegido en la rueda motriz, queda fijar el otro extremo del eje enrollador. Para ello, se instalará una corona, reforzando ese extremo del eje, para posteriormente dotarlo de rodamientos. De esta manera se conseguirá mantener el eje en posición vertical obteniendo una mayor estabilidad y evitando la fricción que se pueda ocasionar. Estos rodamientos se instalarán en un contrasoporte.

La corona elegida tiene que tener las dimensiones adecuadas para el eje enrollador, por eso, se ha elegido del mismo catálogo que la rueda motriz asegurando así su compatibilidad.

El modelo elegido es la **Corona ZF80x1.2** (referencia 4931 300 149 0) del fabricante Zurflüh Feller. El diámetro de esta corona es de 80 mm, su aspecto se muestra en la ilustración 52.

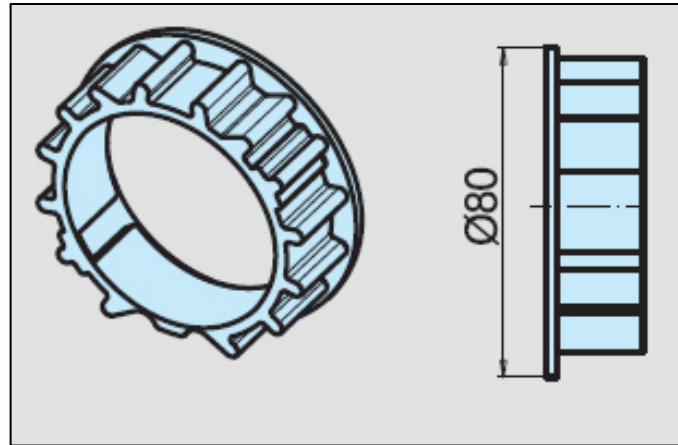


Ilustración 52. Corona

Al igual que con el caso de la rueda motriz, cuando se dé la instalación final del producto, para unir esta corona con el eje enrollador se recomienda emplear **tornillos de fijación**.

### 10.2.3 Rodamientos

En principio, los rodamientos elegidos para esta aplicación son los **rodamientos de rodillos cónicos**. Gracias a los rodamientos, la fricción del eje al girar sobre ellos será prácticamente nula. En el caso de este producto, al disponer de un motor tubular, solo se utilizarán rodamientos en el extremo opuesto del árbol del automatismo.

Es importante elegir el rodamiento adecuado, y esa elección varía para cada aplicación y solicitaciones de la misma. En este caso se ha determinado que los rodamientos cónicos son los más adecuados por el tipo de solicitaciones al que va a estar expuesto en el eje enrollador. Se ha tenido en cuenta que el producto va a ser utilizado en un lugar frecuentado por gente y destinado al ocio, y además estará expuesto a la intemperie, y es por esto por lo que se ha decidido elegir unos rodamientos que soporten tanto fuerzas axiales como radiales. Ya que, a pesar de que bastaría con unos rodamientos de bolas, mediante esta elección se pretende asegurar el correcto funcionamiento y darle una larga vida al mecanismo de giro que se utilice, ya que éste se considera un componente clave del producto.

El eje durante sus ciclos de trabajo va a sufrir una fuerza vertical debido al peso del cobertor al recogerlo y cuando esté recogido el peso del mismo ejercerá como una fuerza vertical. En todo caso el momento donde mayores fuerzas soportarán los rodamientos será cuando el cobertor está totalmente recogido. Se tendrá en cuenta también el peso propio del eje.

En la *ilustración 53* se puede ver una aplicación general común de estos rodillos cónicos.

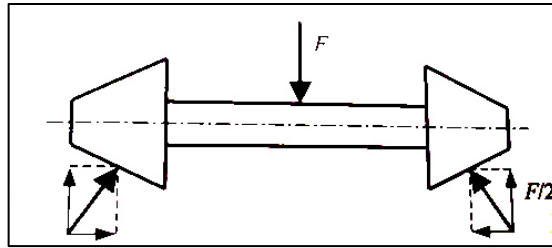


Ilustración 53. Aplicación de los rodillos cónicos

Para realizar estos cálculos hay que determinar la fuerza a la que va a estar sometido el eje y por lo tanto los rodamientos. Estos valores ya se han calculado en el apartado de los cálculos del eje enrollador (**10.2.2 Eje enrollador y sus componentes**), y se ha determinado que la fuerza que soportarán los rodamientos será 73.73 N, a partir de ahora esta fuerza se denominará como  $F_r$ .

Esa será la carga o fuerza radial sobre el rodamiento, la cual inducirá una fuerza que actuará en dirección axial, también llamada fuerza de empuje.

En la *ilustración 54* se puede observar la aplicación de los rodamientos para este enrollador y las fuerzas que aparecen en él.

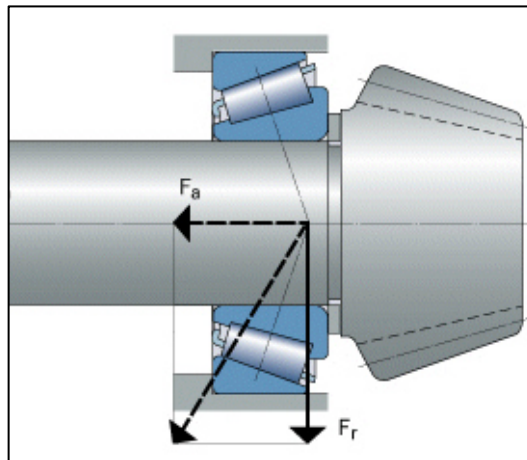


Ilustración 54. Rodamiento fuerza radial y axial

El valor de la carga axial se puede determinar de la siguiente manera:

$$F_a = 0.47 \times F_r / Y$$

Y es el valor del factor axial, cuyo valor debe especificar el fabricante en las tablas para cada uno de los rodamientos.

Una vez elegido el rodamiento más adecuado para esta aplicación y determinados el valor de la carga axial y de la carga radial, habrá que asegurarse de que se ha elegido un

rodamiento con suficiente capacidad de carga y además se calculará la vida nominal del mismo.

Se elegirá un rodamiento para un eje de 80 mm de diámetro, la denominación de FAG del rodamiento elegido es **32016X**. Sus capacidades de carga y velocidades admitidas entran dentro de las especificaciones que requiere el motor elegido. Además este rodamiento no necesita ningún mantenimiento ni lubricación una vez de que haya sido instalado.

El material del que se componen estos rodamientos es acero al cromo ligeramente aleado, templado y con alto grado de pureza para los aros y cuerpos rodantes. Mediante este material se consigue la dureza, resistencia a corrosión y oxidación necesaria para esta aplicación. En cuanto a la jaula, ésta se compone de chapas de acero.

### *Capacidad de carga*

Bajo la sollicitación de carga estática, se calculará el factor de esfuerzos estáticos  $f_s$  para asegurar de que se ha elegido un rodamiento con suficiente capacidad de carga:

$$f_s = \frac{C_0}{P_0}$$

Donde  $C_0$  es la capacidad de carga estática en kN, este valor viene determinado en las tablas para cada rodamiento según DIN ISO 76 – 1988. En el caso de los rodamientos seleccionados el valor de dicho coeficiente es de 212 kN.

Sabemos que la fuerza radial,  $F_r$ , tiene un valor de 73.73 N, y para el rodamiento seleccionado el valor de Y es de 0.78, se puede obtener el valor de la fuerza o carga axial:

$$F_a = \frac{0.47 \times F_r}{Y} = \frac{0.47 \times 73.73 \text{ N}}{0.78} = 44.42 \text{ N}$$

$P_0$  es la carga estática equivalente en kN y es un valor teórico. Es una carga axial y centrada, esta carga origina la misma sollicitación en el punto de contacto más cargado entre cuerpos rodantes y camino de rodadura que la carga combinada real. Para el caso de los rodamientos cónicos, el valor de la carga estática equivalente se define de la siguiente manera para rodamiento individual:

$$P_0 = F_r \quad [\text{kN}] \text{ para } \frac{F_a}{F_r} \leq \frac{1}{2 \cdot Y_0}$$

$$P_0 = 0.5 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a \quad [\text{kN}] \text{ para } \frac{F_a}{F_r} > \frac{1}{2 \cdot Y_0}$$

Teniendo en cuenta que:

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{44.42 \text{ N}}{73.73 \text{ N}} = 0.603$$

Y que:

$$\frac{1}{2 \times Y_0} = \frac{1}{2 \times 0.78} = 0.64$$

La expresión a utilizar es la primera, por lo tanto la carga estática equivalente es la siguiente:

$$P_0 = F_r = 73.73 = 0.07373 \text{ kN}$$

El valor del factor de esfuerzos estáticos,

$$f_s = \frac{C_0}{P_0} = \frac{212 \text{ kN}}{0.07373 \text{ kN}} = 2875.36$$

Cuanto mayor es el valor del factor de esfuerzos, mayor será la capacidad de carga. Por lo tanto, el resultado obtenido demuestra que no habrá ningún problema con los rodamientos elegidos, esto se debe a que los rodamientos son una aplicación muy extendida y utilizada para aplicaciones con grandes esfuerzos, y el caso de este producto no es uno de ellos, por lo que no habrá problemas con los rodamientos.

### ***Vida nominal***

En el método de cálculo normalizado DIN/ISO 281 para rodamientos solicitados dinámicamente, se parte de la fatiga del material como causa del deterioro del rodamiento. A pesar de que en esta aplicación, no se prevé que se deterioren los rodamientos antes del fin de su vida de uso, se realizarán los siguientes cálculos con el fin de cerciorarlo. La fórmula de vida es:

$$L_{10} = L = \frac{C}{P}^p 10^6 \text{ revoluciones}$$

Donde, C es la capacidad de carga dinámica en kN (dato dado por el fabricante) y P la carga dinámica equivalente en kN. El exponente p es el exponente de vida, cuyo valor es 10/3 en el caso de rodamientos de rodillos.

A la hora de calcular la carga dinámica equivalente, habrá que tener en cuenta la expresión de la carga dinámica equivalente para el caso de los rodamientos de rodillos cónicos:

$$P = F_r \quad [\text{kN}] \text{ para } \frac{F_a}{F_r} \leq e$$

$$P = 0.4 \cdot F_r + Y \cdot F_a \quad [\text{kN}] \text{ para } \frac{F_a}{F_r} > e$$

El valor de e viene determinado en las tablas por el fabricante, en este caso tiene un valor de 0.42, y teniendo en cuenta que  $F_a/F_r = 0.603$ , se utilizará la segunda expresión, de manera que:

$$P = 0.4 \times F_r + Y \times F_a = 0.4 \times 73.73 + 1.42 \times 44.42 \text{ N} = 92.58 \text{ N}$$

$$L_{10} = \frac{137\,000\,N}{92.58\,N}^{10/3} \times 10^6 \text{ revoluciones} = 3.69 \times 10^{10} \text{ revoluciones}$$

Como la velocidad del rodamiento será constante, se pueden determinar las horas de funcionamiento de la siguiente manera:

$$L_{h10} = \frac{L \times 10^6}{n \times 60} = \frac{3.69 \times 10^{10}}{3 \times 60} = 205 \times 10^6 \text{ h}$$

Por lo tanto, mientras el producto esté en funcionamiento se ha garantizado que el rodamiento soportará las cargas sin ningún problema y que además no se desgastarán ni deteriorarán, lo mismo ocurrirá con el eje enrollador apoyado sobre él. Y a pesar de que sufra cargas fuera de su uso previsto éste podrá soportarlas debido al tipo de rodamiento.

#### 10.2.4 Contrasoporte

Al igual que en el caso del soporte del motor, el contrasoporte, o el soporte de los rodamientos, el metal que se utilizará será la aleación de aluminio-zinc 7075 en estado T7351. Como ya se ha comentado, esta aleación es muy utilizada para elementos sometidos a fatiga, debido a su alto límite elástico. Además se anodizará para mejorar su resistencia a oxidación y obtener un mejor acabado.

El contrasoporte dispondrá de pequeños tornillos (M6x1) para la fijación de los rodamientos.

#### 10.2.5 Enganche del cobertor

Con el fin de enganchar el cobertor al eje del enrollador, se utilizarán amarres tensables con ribetes. Se ha elegido un eje acanalado para poder enganchar dichos amarres mediante ese acanalamiento, por lo tanto el amarre irá agarrado a un plástico que entrará en el eje, imposibilitando así que se suelte.

El plástico que ira en el acanalamiento será un PVC reforzado con endurecimiento (de color gris en la *ilustración 55*).

En cuanto a los amarres (de color blanco en la *ilustración 55*), estos serán de poliéster cubiertos con PVC. Así resistirán fuerzas y además no sufrirán daños por contacto continuo con el agua de la piscina. La anchura de estos amarres será de 4 cm y la largura será de hasta 60 cm, como se ha comentado estos amarres serán tensables por lo que el usuario podrá elegir la largura de estos.



Ilustración 55. Encaje para el acanalamiento y amarre

Se utilizarán 8 enganches de ribetes (*ilustración 56*) para garantizar que el cobertor se sujete correctamente al eje. En uno de los extremos de los enganches se enganchará el amarre mencionado para unirlo al eje enrollador, en el otro extremo se dispondrá de otro amarre más corto que irá sujeto al cobertor.



Ilustración 56. Enganche cobertor

### 10.3 CARCASA

La carcasa que servirá como protector del cobertor cuando éste se encuentre recogido, será lo más ligera posible. Además, con el fin de que no se quede agua dentro de la carcasa esta tendrá pequeños orificios en la parte inferior de la misma. De la misma manera, para evitar que la porquería que se encuentra sobre el cobertor no entre dentro de la carcasa, en la ranura de entrada a lo largo de la carcasa se instalará un cepillo. Este cepillo no dejará entrar la suciedad y posteriormente el usuario podrá retirar esta suciedad de manera manual.

El material seleccionado para esta carcasa será PVC rígido, concretamente TB – 08 / MA / FIAP. Este versátil material es resistente al impacto y estabilizado frente a la luz solar y efectos de la intemperie. Unas de sus características principales son:

- Alta resistencia mecánica y química



- Barato
- Resistencia al impacto
- Buena rigidez
- Buenas cualidades estéticas

Además como ya se ha establecido en el diseño conceptual, la carcasa estará dotada con una apertura para facilitar el acceso al interior de la misma en caso de que fuese necesario, tanto por motivos de limpieza como de reparación.

Para calcular las dimensiones de la carcasa, se tendrá en cuenta primeramente el diámetro que obtendrá el eje cuando el cobertor esté enrollado cogiendo el caso del cobertor más largo (8.54m x 3m):

| Nº vuelta | Perímetro inicial (mm) | Largura restante (mm) | Diámetro nuevo (mm) |
|-----------|------------------------|-----------------------|---------------------|
| 1,00      | 251,33                 | 8288,67               | 92,00               |
| 2,00      | 289,03                 | 7999,65               | 104,00              |
| 3,00      | 326,73                 | 7672,92               | 116,00              |
| 4,00      | 364,42                 | 7308,50               | 128,00              |
| 5,00      | 402,12                 | 6906,37               | 140,00              |
| 6,00      | 439,82                 | 6466,55               | 152,00              |
| 7,00      | 477,52                 | 5989,03               | 164,00              |
| 8,00      | 515,22                 | 5473,81               | 176,00              |
| 9,00      | 552,92                 | 4920,89               | 188,00              |
| 10,00     | 590,62                 | 4330,27               | 200,00              |
| 11,00     | 628,32                 | 3701,95               | 212,00              |
| 12,00     | 666,02                 | 3035,93               | 224,00              |
| 13,00     | 703,72                 | 2332,21               | 236,00              |
| 14,00     | 741,42                 | 1590,80               | 248,00              |
| 15,00     | 779,11                 | 811,68                | 260,00              |
| 16,00     | 816,81                 | -5,13                 | 272,00              |

Por lo tanto, el diámetro que tendrá el enrollador del cobertor será de 400 mm, ya que hay que tener en cuenta que el enrollamiento no será perfecto.

Por otro lado, la anchura de la carcasa protectora será de 3.30 metros. Ya que, la largura del eje será de 3.14 m, el espacio necesario para el motor tubular será de 0.03 m además de un margen de 0.13 m para la instalación de la carcasa.

El peso que tendrá esta carcasa será de 6.30 kg, dado que el peso específico del PVC elegido es 1.5 g/cm<sup>3</sup> y el volumen total de 4157 cm<sup>3</sup>.

La carcasa se dividirá en tres piezas distintas, que serán las dos mitades de la carcasa y la tapa que corresponderá a una de las mitades. La unión de la tapa y la media carcasa se hará mediante tres bisagras, servirá cualquier bisagra comercial que elija el cliente final.

Ya que éste decidirá si en la instalación final instala o no la tapa aunque todos los enrolladores dispondrán de una.

Finalmente se dotará la carcasa de los orificios necesarios para poder hacer las conexiones necesarias para alimentar el motor y para poder utilizar el giro manual de emergencia del mismo.

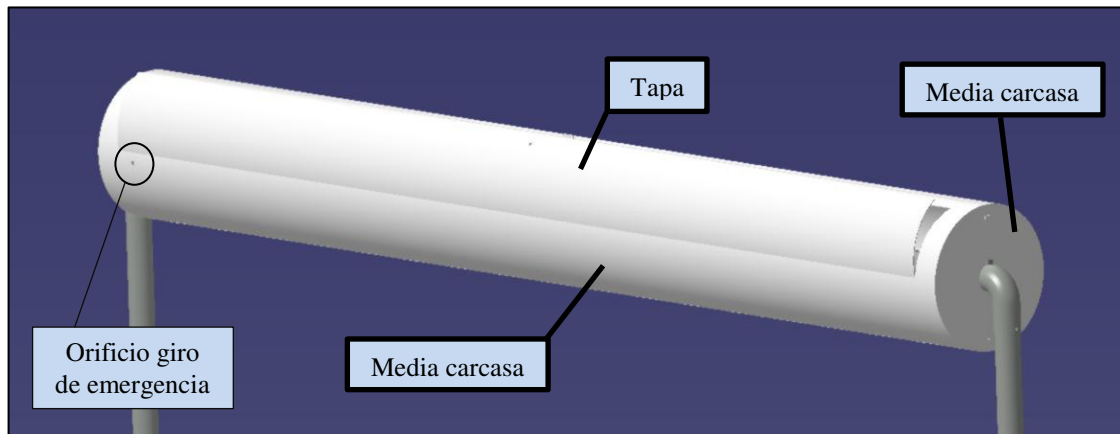


Ilustración 57. Carcasa

En la *ilustración 57* se muestra la carcasa indicándose los tres componentes que la forman, además de detallarse el orificio para el giro manual del enrollador en caso de emergencia.

### 10.3.1 Complementos para asegurar la limpieza

Se ha llegado a la conclusión de que al enrollar el cobertor (al recogerlo), cuando éste se va a retirar de la piscina, se pone en posición vertical y la porquería que estaba en el cobertor cae al agua. Éste es también uno de los problemas de los productos de la competencia. Es por ello por lo que se ha decidido dotar al cobertor con un accesorio al lado contrario del amarre al eje enrollador.

Este accesorio será una estructura flotante que tomaría la forma que se puede observar en la imagen. De esta manera se evitaría ensuciar el agua y por otro lado gracias a su forma y estructura, el enganchamiento del cobertor con objetos como pueden ser la escalera o los bordes.

El material utilizado será el mismo que el del cobertor, es decir, polietileno. Gracias a su composición el complemento estará preparado para soportar las condiciones a las que se le someterá en esta aplicación.

En la *ilustración 58* se muestra el boceto de este accesorio.

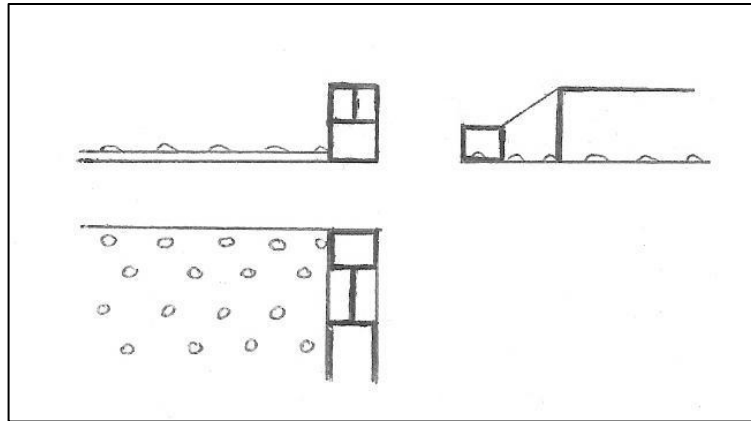


Ilustración 58. Accesorio limpieza

Con el fin de que la porquería depositada en el cobertor no llegue a entrar a la carcasa, como ya se ha mencionado anteriormente, la ranura de la carcasa tendrá un **cepillo** que impida esa entrada. De esta manera se asegura también la limpieza en el interior de la carcasa.

El cepillo será un cepillo industrial de PVC tipo tira con medidas personalizadas. Teniendo en cuenta que éste se instalará en la carcasa, la base del soporte deberá ser curva y tener un radio igual al de la carcasa ( $R=200\text{ mm}$ ) y tendrá una anchura de 15 mm. Con el fin de que el cepillo llegue al cobertor, la altura de un lado será de 20 mm (con chaflán de  $R=2$ ) y la de la otra de 7 mm. Por otro lado la longitud será la misma que la de la ranura de entrada del cobertor, de 3140 mm.

Se ha considerado que la altura más adecuada de fibra es de 22 mm y ésta tiene que ser lo suficientemente flexible para no dañar el cobertor pero a su vez retirar los elementos que lo ensucian.

El esquema de las medidas se muestra en la *ilustración 59*.

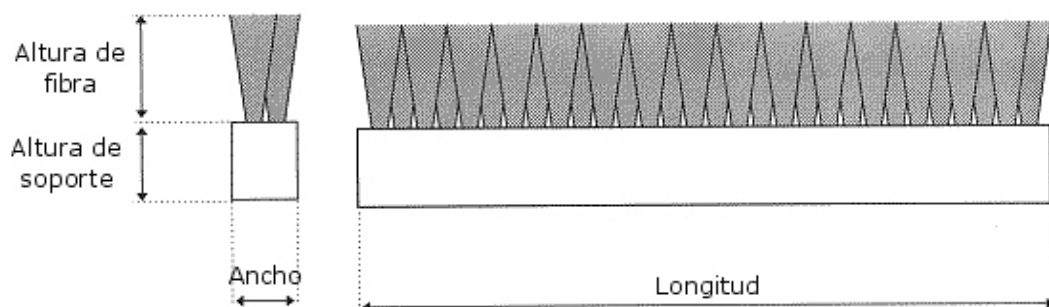


Ilustración 59. Medidas cepillo

La fijación de este cepillo se puede hacer mediante grapas o mediante material adhesivo.

## 10.4 APOYOS

Una vez definido el mecanismo de giro, habrá que elegir los apoyos adecuados con el fin de que estos aguanten la estructura completa y soporten el trabajo a realizar por el motor sin que esto suponga ningún problema.

Se ha decidido que los apoyos estén divididos en dos bloques distintos con el fin de obtener una buena sujeción pero también un gasto más reducido, por un lado estará el apoyo principal (anclado al suelo) y por otro la estructura (formada por un apoyo intermedio y por un componente de unión entre éste y el mecanismo de giro). De la misma manera, en caso de fallo de alguna de las partes bastaría con reponer esa parte y no el apoyo completo.

El apoyo principal, que es el que irá sujeto al suelo, será de acero inoxidable, concretamente acero inoxidable austenítico. Éste es un elemento muy utilizado para la construcción, la industria o mobiliario urbano. Ésta es una aleación del acero que está compuesta por hierro, cromo y níquel. Mediante la utilización de este material se conseguirá:

- ✓ Buenas propiedades mecánicas
- ✓ Buena estabilidad para el enrollador
- ✓ Alta dureza
- ✓ Excelente resistencia a la corrosión
- ✓ Buenas propiedades estéticas
- ✓ Excelente factor de higiene y limpieza
- ✓ Gran resistencia a oxidación

Hay que tener en cuenta que en el entorno al que se va a ver expuesto este acero puede haber presencia de cloruros. Por lo tanto, el acero inoxidable austenítico elegido es el **acero inoxidable ASTM 316**, a este acero se le añade molibdeno para aumentar la resistencia a la corrosión, especialmente en entornos que contienen cloruros.

Las características principales del acero inoxidable seleccionado se muestran en la *ilustración 60*.

|                   |                             |
|-------------------|-----------------------------|
| R <sub>p0,2</sub> | > 240 N/mm <sup>2</sup>     |
| R <sub>m</sub>    | 540 - 620 N/mm <sup>2</sup> |
| Alargamiento      | > 45%                       |
| Dureza            | < 200 HB                    |

Ilustración 60. ASTM 316

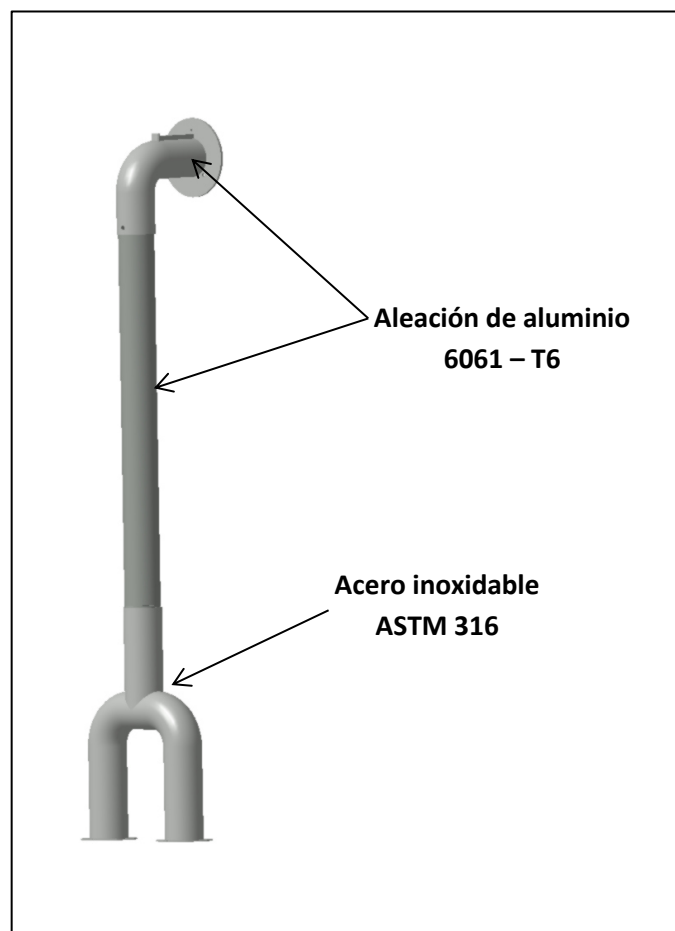
Debido al precio elevado del acero inoxidable, como ya se ha mencionado, se ha decidido que aproximadamente la mitad del apoyo, el apoyo principal, esté hecho de acero inoxidable, desde el suelo hasta menos de la mitad de altura del apoyo, concretamente hasta los 450 mm de altura. El resto del apoyo se realizará con aleación aluminio, formada por una barra intermedia y una unión, de esta manera se consigue la estabilidad necesaria para el producto y al mismo tiempo ligereza, y se tiene en cuenta el coste económico de los materiales.

La unión entre el apoyo de acero inoxidable (apoyo principal) y la barra intermedia de aleación de aluminio se hará mediante rosca, y posteriormente se protegerá esta rosca con una goma, concretamente silicona ya que no se ve afectada por la luz solar y soporta un rango de temperaturas muy amplio. La resistencia al agua de la silicona es muy buena.

El apoyo de acero inoxidable será el seleccionado en el diseño conceptual, la barra superior del apoyo principal tendrá una altura de 170 mm, y el diámetro exterior de la misma será de 75 mm (con diámetro interior de 71 mm). La altura de las dos patas inferiores será de aproximadamente 0.28 m.

En lo que se refiere a la barra intermedia, tendrá una largura de 800 mm donde aproximadamente 50 mm corresponderán a la rosca.

Por lo tanto, el apoyo completo del enrollador corresponderá con la imagen de la *ilustración 61*.



**Ilustración 61. Apoyos**

El aluminio seleccionado para la barra intermedia es la **aleación aluminio manganeso silicio (6061-T6)**. Este material es resistente y ligero, estas son las razones principales por las que se utiliza en aplicaciones estructurales donde el acabado de la superficie es importante. Además es muy adecuado para la anodización, proporcionando así una protección extra. Se realizará una anodización dura ya que esto le proporcionará una buena

resistencia al desgaste y por lo tanto esta propiedad será una ventaja teniendo en cuenta que estará unido a los apoyos del suelo mediante rosca.

El estado de esta aleación es T6, ha sufrido un tratamiento térmico de endurecimiento estructural, aumentando así su resistencia mecánica. Se ha sometido a un tratamiento de solución de temple y maduración artificial.

Las propiedades mecánicas principales de esta aleación de aluminio se muestran en la *ilustración 62*.

| Aleación aluminio | Carga rotura<br>$R_m$ - N/mm <sup>2</sup> | Límite elástico<br>$R_p 0.2$ - N/mm <sup>2</sup> | Alargamiento<br>A 5,65% | Dureza Brinell<br>HB |
|-------------------|---|--|-------------------------|----------------------|
| 6061 - T6         | 310                                       | 275  | 17                      | 95                   |

**Ilustración 62. Propiedades mecánicas aleación aluminio 6061-T6**

Con el fin de asegurar una resistencia adecuada de las partes que formarán la estructura del enrollador, a continuación se calcularán tensiones y la esbeltez en los apoyos intermedios, ya que estos son los más sensibles. El apoyo principal de acero inoxidable irá sujeto al suelo por lo que este apoyo no supondrá ningún problema en cuanto a la esbeltez.

El radio de la pieza de unión del apoyo intermedio de aluminio y el mecanismo de giro tendrá un radio de 77 mm, ya que precisamente ahí es donde irá fijado el soporte del motor tubular y el contrasoporte que servirá de sujeción para los rodamientos. Por lo tanto, ésta será una pieza intermedia que en un lado de la estructura irá amarrado al motor, y en el otro lado a los rodamientos. La unión entre la barra de aleación intermedia y el apoyo intermedio se hará mediante un tornillo (con rosca M10 y longitud de tornillo de 85mm) que atravesará de lado a lado estos dos componentes.

Y posteriormente, se fijará la carcasa en esa pieza, por lo que se le añadirá enganches para que la carcasa no se mueva. La unión entre el apoyo intermedio y el soporte o contrasoporte se hará mediante atornillamiento.

Con el fin de proteger los cables de la conexión del motor tubular, el apoyo intermedio entre el motor dispondrá de un orificio para que los cables de alimentación del motor vayan por dentro de los apoyos. La salida del cable de los apoyos será bajo tierra hasta que llegue al cajón eléctrico o tendrá salida directa de la base del apoyo, a elección del cliente ya que no todas las instalaciones serán iguales.

### ***Esbeltez mecánica***

La esbeltez es una característica mecánica de las barras estructurales, mediante la esbeltez se relaciona la rigidez de la sección transversal de una barra con su longitud total, y predice las posibles inestabilidades.

Se utilizará la relación de esbeltez junto al esfuerzo crítico para ver con que carga se producirá pandeo en la barra que hará de apoyo intermedio, ya que esta barra es la más propensa a sufrir pandeo o inestabilidades por su longitud.

Esta barra estará expuesta principalmente a compresión. Se analizará la esbeltez en la barra de apoyo intermedia por ser la más larga y la que mayor peligro presenta de sufrir pandeo debido a sus características. Para ello, la carga crítica de Euler se define de la siguiente manera:

$$P_{cri} = \frac{\pi^2 \times E \times I_{min}}{(K \times L)^2}$$

Esta carga de Euler se planteó como un estudio de equilibrio. Por lo tanto, las barras deberán trabajar con cargas menores que la carga crítica, ya que la barra estará en equilibrio hasta que se someta a esta carga o mayores.

Donde E es el módulo de elasticidad del material, en este caso aleación de aluminio 6061-T6, y K es un coeficiente que depende de las condiciones de apoyo de la barra. En este caso, como la barra no está empotrada en ninguno de los extremos, el valor del coeficiente K es de 1. Cuanto mayor libertad, mayor es el valor de K.

L es la longitud real de la barra y  $I_{min}$  es el momento de inercia mínimo.

Para poder acceder al concepto de esbeltez, se necesita definir el esfuerzo crítico sufrido por la barra. Para ello se dividirá la carga crítica entre el área transversal, de manera que:

$$\sigma_{cri} = \frac{P_{cri}}{A} = \frac{\pi^2 \times E \times I_{min}}{(1 \times L)^2 \times A} = \frac{\pi^2 \times E \times i_{min}^2}{L^2}$$

Donde  $i_{min}$  es el radio de inercia mínimo. Y de aquí se llega al concepto de esbeltez:

$$\sigma_{cri} = \frac{P_{cri}}{A} = \frac{\pi^2 \times E}{\lambda^2}$$

Finalmente, se define  $\lambda$ , que es la esbeltez de la barra y como se puede deducir viene dada por la siguiente expresión:

$$\lambda = \frac{L}{i_{min}}$$

Cuanto menor es la esbeltez, se conseguirá un mejor comportamiento de la barra, y para conseguir eso es recomendable utilizar una barra de sección hueca. Ya que aunque el perímetro exterior de la barra será el mismo, el radio de inercia será en todo caso mayor que en secciones huecas, variando este valor en función del espesor de la barra, ya que en cualquier caso el material está más alejado del centro de inercia.

Los valores de los radios de inercia son los siguientes:

$$i_{\text{mínimo para barras macizas}} = \frac{d}{4}$$

$$i_{\text{mínimo para barras sección hueca}} = \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{4}$$

No obstante, hay que tener en cuenta que la fórmula de Euler tiene sus limitaciones, ya que sólo es válida para un cierto punto de  $\sigma$  que corresponde a la esbeltez  $\lambda_{lim}$ . Que es para la cual se cumple:  $\sigma_{crít} \leq f_y$  (tensión del límite elástico). El valor de esa esbeltez límite viene dado por:

$$\lambda_{lim} = \sqrt{\frac{\pi^2 \times E}{f_y}} = 50.12$$

El módulo elástico de la aleación de aluminio 6061 es de 70000 N/mm<sup>2</sup>.

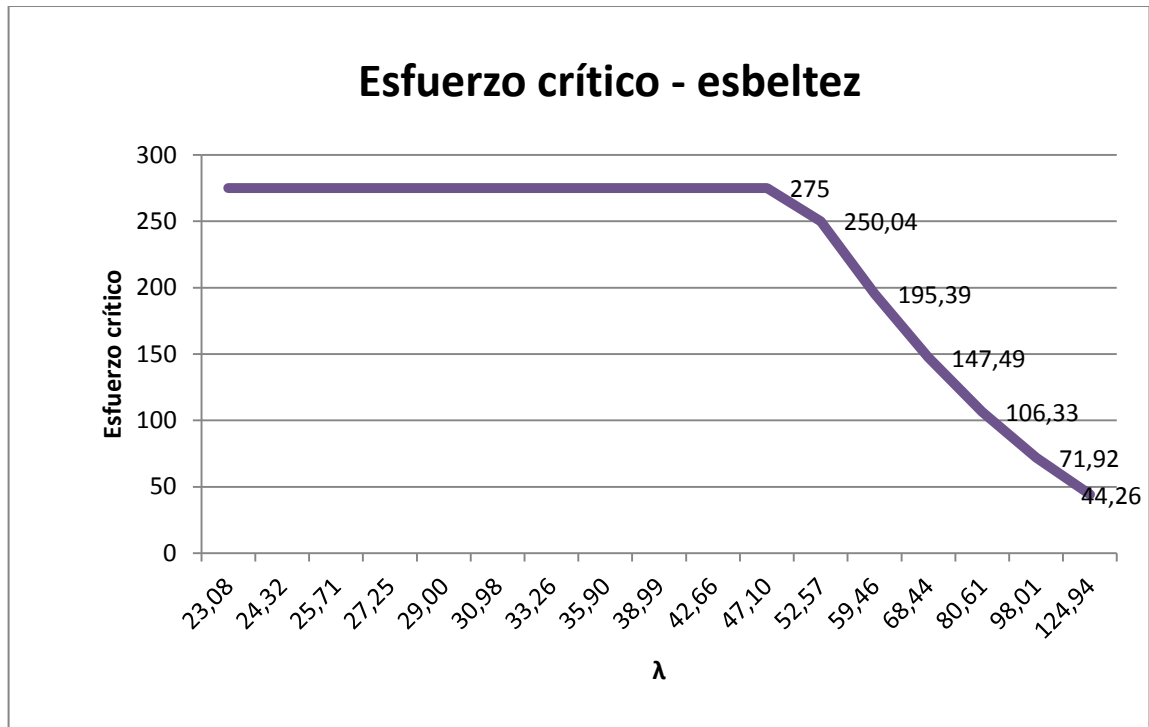
En el caso de que  $\sigma_{crít} > f_y$  el fallo en la barra sería por haber rebasado el límite elástico del material, no por el pandeo.

Se ha considerado, que la barra tendrá un espesor de 2 mm. Teniendo en cuenta esta información, y que la largura real de la barra será de 0.8 m, se ha generado una tabla donde tomando distintos valores de diámetro interior y exterior, se obtiene el valor de la esbeltez y del esfuerzo crítico para dichos casos:

| D (mm) | d (mm) | i <sub>min</sub> | $\lambda$ | $\sigma_{crít}$ |
|--------|--------|------------------|-----------|-----------------|
| 100,00 | 96,00  | 34,66            | 23,08     | 1296,47         |
| 95,00  | 91,00  | 32,89            | 24,32     | 1167,60         |
| 90,00  | 86,00  | 31,12            | 25,71     | 1045,48         |
| 85,00  | 81,00  | 29,35            | 27,25     | 930,11          |
| 80,00  | 76,00  | 27,59            | 29,00     | 821,49          |
| 75,00  | 71,00  | 25,82            | 30,98     | 719,61          |
| 70,00  | 66,00  | 24,05            | 33,26     | 624,48          |
| 65,00  | 61,00  | 22,29            | 35,90     | 536,10          |
| 60,00  | 56,00  | 20,52            | 38,99     | 454,46          |
| 55,00  | 51,00  | 18,75            | 42,66     | 379,57          |
| 50,00  | 46,00  | 16,99            | 47,10     | 311,43          |
| 45,00  | 41,00  | 15,22            | 52,57     | 250,04          |
| 40,00  | 36,00  | 13,45            | 59,46     | 195,39          |
| 35,00  | 31,00  | 11,69            | 68,44     | 147,49          |
| 30,00  | 26,00  | 9,92             | 80,61     | 106,33          |
| 25,00  | 21,00  | 8,16             | 98,01     | 71,92           |
| 20,00  | 16,00  | 6,40             | 124,94    | 44,26           |

La gráfica de la curva de Euler correspondiente a la tabla que se ha elaborado es la siguiente:





Se han realizado los cálculos con ese rango de diámetros porque se ha visto lo más conveniente, y como se puede observar solamente a partir de  $D=30\text{mm}$  se podrían tener problemas de pandeo, en casos de diámetro superior el fallo en todo caso sería por haber rebasado el límite elástico.

Sin embargo, en realidad el esfuerzo crítico real correspondiente a la esbeltez puede ser considerablemente menor que la teórica, los motivos de este fenómeno pueden ser falta de homogeneidad o imperfecciones en el material o acabado utilizado. Además cuando la barra sufre compresión, puede ser que también sufra tracción en alguno de sus puntos, y esto también disminuiría en el esfuerzo crítico real.

En la *ilustración 63* se puede observar este fenómeno y dónde tiene mayores desviaciones del esfuerzo crítico teórico respecto al real. No obstante, resulta muy difícil conseguir una gráfica fiable de este tipo para cada caso, se necesitarían resultados de ensayos para cada caso.

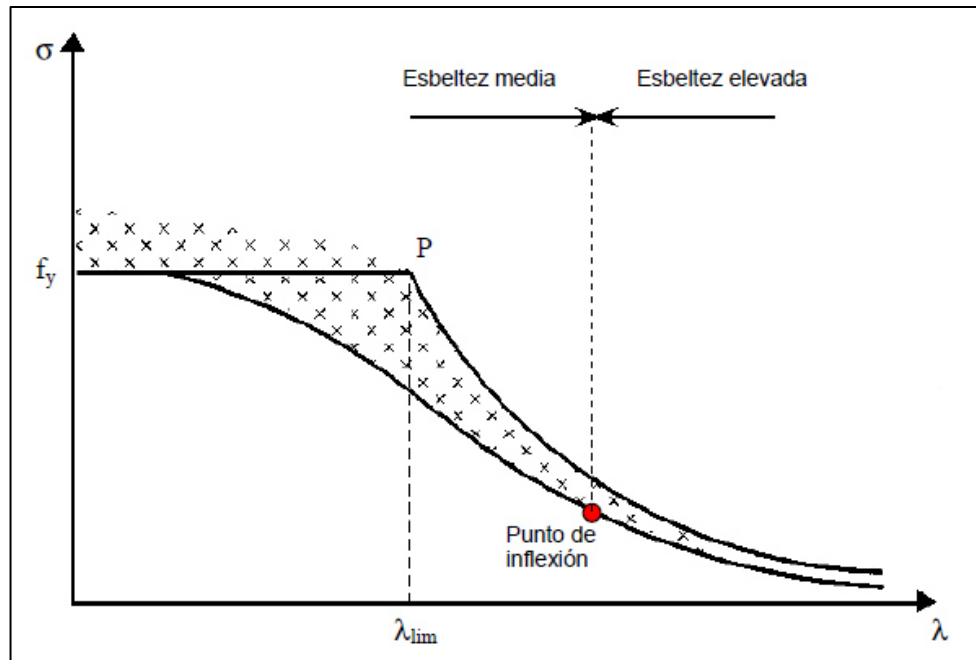


Ilustración 63. Esfuerzo crítico real

Por lo tanto, el esfuerzo crítico máximo se puede expresar como:

$$\sigma_{max} = k \times \sigma$$

Donde  $k$  es un coeficiente de amplificación de la tensión de compresión que puede coger distintos valores.

Por ello, motivos de seguridad y estética se elegirá el caso de un diámetro exterior de 70 mm e interior de 66 mm.

### *Elementos roscados*

El apoyo principal de acero inoxidable y la barra intermedia irán roscados, por lo tanto, hay que calcular las dimensiones que ha de tener dicha rosca.

Para realizar estos cálculos se ha considerado que la rosca es una viga de poca largura en voladizo proveniente del núcleo, y la carga sobre el elemento roscado se considera una carga axial en dicha viga. Mediante estas consideraciones, se pueden conseguir aproximaciones a los del esfuerzo en la base de la rosca y el esfuerzo cortante transversal en la rosca.

El esfuerzo en la base de la rosca se aproxima a:

$$\sigma_{base} = \frac{3 \times W \times h}{2\pi \times r_m \times n \times e}$$

Donde, por un lado  $h$  es la altura de la rosca y  $W$  es la carga que soportará la barra, y por otro  $r$  es el radio de la rosca,  $n$  el número de vueltas y  $b$  el espesor de la rosca. En la *ilustración 64* se muestran estos parámetros.

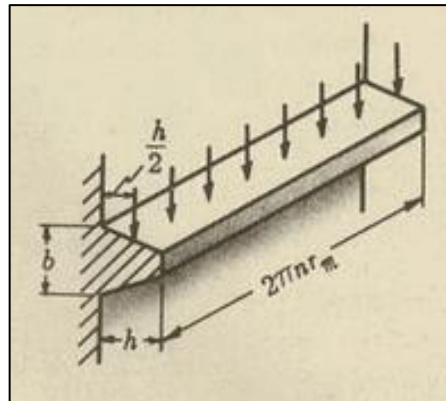


Ilustración 64. Rosca

En el caso de la realización de estos cálculos, la carga tiene que ser vertical, sin embargo en este caso no lo es, es por eso por lo que esto supondrá una aproximación a los valores reales que servirán como orientación.

$$W = \sqrt{145^2 + 44.5^2} = 151.67 \text{ N}$$

Sin embargo, el ángulo de  $W$  respecto al eje de la barra no será de  $0^\circ$  sino que de  $16^\circ$ .

Con los datos de los que ya se dispone se obtiene:

$$\sigma_{base} = \frac{3 \times 151.67 \text{ N} \times 50 \text{ mm}}{2\pi \times 35 \text{ mm} \times n \times b^2}$$

Cuanto mayor sean  $n$  y  $b$  menor será el esfuerzo en la base, por lo tanto, se ha considerado que los valores más adecuados serían:

$$b = 2 \text{ mm}$$

$$n = 12 \text{ vueltas}$$

Por lo tanto:

$$\sigma_{base} = 2.15 \text{ N/mm}^2$$

Es un valor de esfuerzo permisible teniendo en cuenta las características del material seleccionado. En cuanto al esfuerzo cortante transversal:

$$\sigma_{trans} = \frac{W}{2\pi \times r_m \times n \times b}$$

$$\sigma_{trans} = 0.029 \text{ N/mm}^2$$

Este esfuerzo obtenido también es permisible tanto en el apoyo principal como en la barra intermedia.

#### 10.4.1 Anclaje al suelo

El anclaje al suelo es uno de los aspectos más importantes de los apoyos. Estos apoyos deberán ir empotrados al suelo, por lo que es necesaria una base de hormigón. Cada pie de cada apoyo tendrá una base de anclaje de 4 orificios para la fijación al hormigón.

El anclaje deberá ser de acero inoxidable, ya que el apoyo tiene que ser estable y debe tener un buen anclaje.

### 10.5 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

Anteriormente se ha calculado la capacidad del propio eje enrollador para garantizar su correcto funcionamiento sin sufrir deformaciones, y se ha conseguido un valor de esbeltez admisible. Por lo tanto, ahora habrá que hacer un análisis estático de los apoyos para ver si aguantarán la estructura en el peor de los casos, es decir cuando el cobertor está completamente enrollado.

En este caso también habrá que tener en cuenta el peso de todos los elementos que van apoyados sobre los apoyos.

En la *ilustración 65* se indican las fuerzas correspondientes al cobertor y el eje.

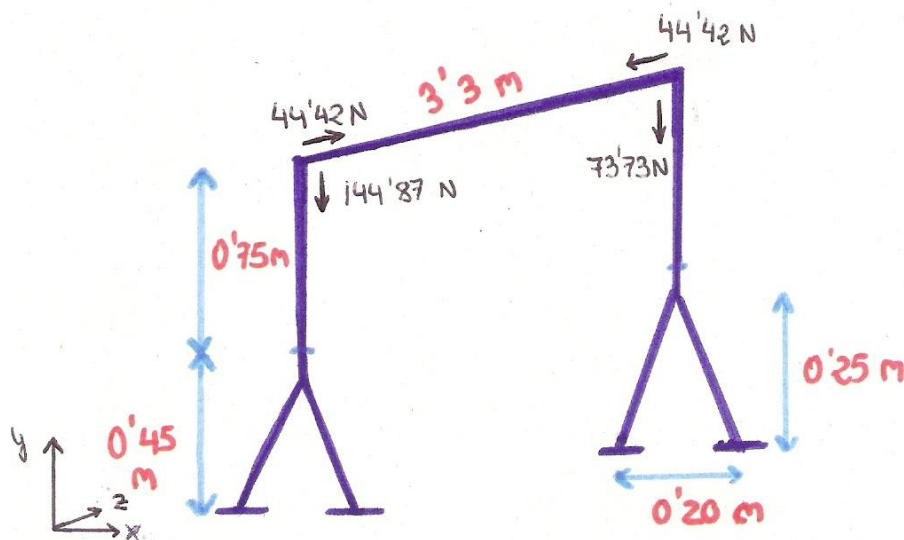


Ilustración 65. Estructura enrollador

Por lo tanto, en el caso de fallo, el primer apoyo en fallar será el que se muestra en la izquierda en la ilustración anterior (*ilustración 66*), es por eso por lo que se realizarán los cálculos teniendo en cuenta sólo este apoyo, si aguanta éste, también aguantará el otro. El

apoyo que se someterá a estudio es el apoyo donde se sujetará el motor tubular. Por ello, posteriormente hay que sumar el peso del motor, el soporte, y la mitad de la carcasa. Se obtiene un valor de 51.11 N. Esta fuerza será vertical y habrá que sumarlo a la ya existente debido al peso del cobertor y del eje.

La fuerza vertical total que ejerce sobre el apoyo izquierdo será la siguiente:

$$F_{\text{apoyo } y} = 195.98 \text{ N}$$

Se subdividirá el sistema en 4 barras distintas, como se puede observar en la *ilustración 66*. En esta ilustración también se muestran las fuerzas a soportar teniendo en cuenta los pesos de los componentes.

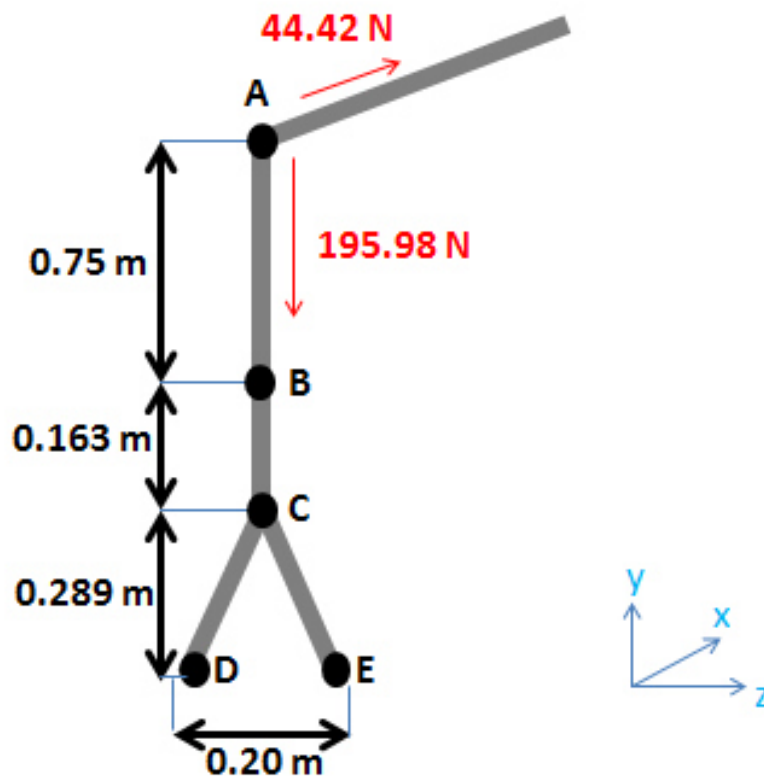


Ilustración 66. Sistema a analizar

La barra AB corresponde a la barra de aleación de aluminio mientras que el resto del apoyo será de acero inoxidable.

Primeramente se determinarán los esfuerzos en los apoyos y posteriormente se analizarán las barras individualmente. N será la componente normal de las solicitaciones, V el esfuerzo cortante y M el momento que soporta la barra.

### Reacciones en D y E:

El apoyo es un perfil simétrico, es por ello por lo que las reacciones en D y E serán las mismas.

En el eje y:

$$F_y = 0 = -195.98 \text{ N} + R_{Dy} + R_{Ey}$$

$$R_{Dy} = R_{Ey} = 97.99 \text{ N}$$

En el eje x:

$$F_x = 0 = 44.42 \text{ N} - R_{Dx} - R_{Ex}$$

$$R_{Dx} = R_{Ex} = -44.42 \text{ N}$$

### **Barra AB:**

Se cogerá el punto B como referencia.

Plano y:

$$F_y = 0 = -195.98 \text{ N} + R_{By}$$

$$R_{By} = 195.98 \text{ N} = F_{BCy}$$

Plano x:

$$F_x = 0 = 44.42 \text{ N} - R_{Bx}$$

$$R_{Bx} = -44.42 \text{ N} = F_{BCx}$$

Por lo tanto para una L de 0.75 m se obtiene:

$$N = 195.98 \text{ N}$$

$$V = 44.42 \text{ N}$$

$$M_z = 33.315 \text{ Nm}$$

### **Barra BC:**

Se cogerá el punto C como referencia.

Plano y:

$$F_y = 0 = R_{By} - R_{Cy}$$

$$R_{Cy} = -195.98 \text{ N} = F_{ABy}$$

Plano x:

$$F_x = 0 = -R_{Bx} + R_{Cx}$$

$$R_{Cx} = 44.42 \text{ N} = F_{ABx}$$

Por lo tanto para una L de 0.163 m se obtiene:

$$N = 195.98 \text{ N}$$

$$V = 44.42 \text{ N}$$

$$M_z = 7.24 \text{ Nm}$$

### **Barra CD y CE:**

Se cogerá el punto D como referencia, como ya se ha comentado las barras CD y CE estarán expuestos a las mismas solicitaciones, por lo que el punto E es el equivalente al punto D.

Plano y:

$$F_y = 0 = R_{Dy} - R_{Cy} - R_{CEy}$$

$$R_{CEy} = 97.99 \text{ N} = F_{CEy} = F_{DCy}$$

Plano x:

$$F_x = 0 = R_{Cx} - R_{Dx} - R_{CEx}$$

$$R_{CEx} = -22.21 \text{ N} = F_{CEx} = F_{DCx}$$

Por lo tanto para una L de 0.289 m se obtiene:

$$N = 97.99 \text{ N}$$

$$V = 22.21 \text{ N}$$

$$M_z = 16.22 \text{ Nm}$$

En principio, observando los valores que se han obtenido, se puede deducir que no habrá ningún problema con el material ni sus dimensiones, sin embargo se realizará un análisis a fatiga.

### 10.5.1 Análisis a fatiga

Los métodos de análisis de fatiga tratan de interpretar el comportamiento del material cuando éste está sometido a un estado de sollicitaciones dependientes del tiempo. En este caso, el cobertor no estará recogido todo el rato, y precisamente esta situación es el momento de mayores sollicitaciones para los apoyos. El comportamiento resistente de estos materiales es distinto al comportamiento estático.

En el caso de los materiales metálicos, el daño por fatiga se inicia a escala cristalina debido al efecto de las componentes cortantes de la tensión. Éstas producen el deslizamiento de algunos planos cristalinos respecto a otros, y si continúa la aplicación de dicha carga variable se puede generar una grieta capaz de propagarse.

Las teorías de fatiga, fijan el número de ciclos máximo para fatiga de bajos ciclos en 1000 ciclos, y a partir de ese número de ciclos se establece la fatiga de ciclos altos. Este estudio se realizará para número de ciclos altos, por lo tanto el punto de partida serán los 1000 ciclos mencionados.

Para hacer este análisis a fatiga se utilizarán las cargas que se han definido anteriormente. Y de la misma manera se analizará cada barra por separado. Se ha visto conveniente que la frecuencia de carga cíclica sea inferior o igual a 1 Hz, y el número de ciclos de 150 000. Se cree necesario que el producto soporte al menos 150 000 ciclos, ya que es un número de ciclos más que suficiente para la vida útil del producto. Este valor equivaldría a 10 ciclos diarios durante 41 años.

Por otro lado, se establece que para  $10^6$  ciclos el límite de fatiga no varía, por lo que si los esfuerzos a los que está sometido el elemento no superan el límite de fatiga, se dice que éste tendrá vida infinita.

En la *ilustración 67* se puede ver una gráfica SN con los correspondientes ensayos y zonas., donde  $\sigma_u$  es el límite de ruptura y  $\sigma'_n$  es el límite ideal de fatiga.

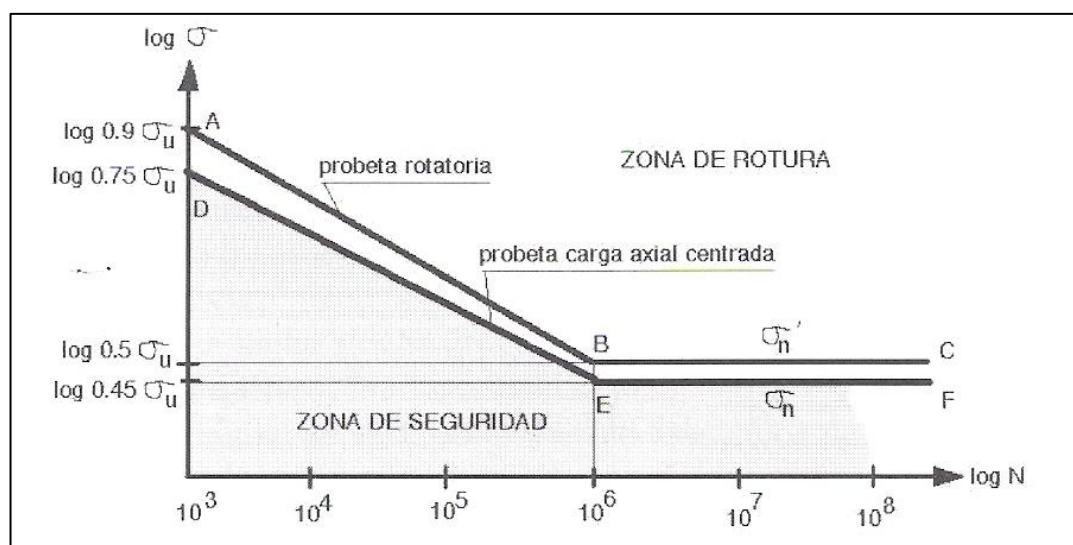


Ilustración 67. Gráfica SN



Habrá que realizar el análisis otra vez pero esta vez la fuerza vertical que se considerará será de:  $180 \pm 15$  N. La fuerza horizontal será:  $40 \pm 4$  N.

Se utilizará la expresión de Goodman para comprobar si la estructura es válida o no, ya que en ella se tiene en cuenta tanto el esfuerzo medio como el variable. El esfuerzo medio se calculará mediante la expresión de Von Misses.

### *Reacciones en D y E:*

Con el fin de obtener unos resultados más fiables, se tendrá en cuenta el peso propio de los apoyos:

| Elemento              | Peso (kg) |
|-----------------------|-----------|
| Apoyo acero inox      | 2,2       |
| Apoyo intermedio 6061 | 0,925     |

Los pesos propios de cada barra serán los siguientes:

| Barra | Peso (kg) | w (N) |
|-------|-----------|-------|
| AB    | 0.925     | 9.07  |
| BC    | 0.543     | 5.32  |
| CD    | 0.832     | 8.16  |
| CE    | 0.832     | 8.16  |

El apoyo es un perfil simétrico, es por ello por lo que las reacciones en D y E serán las mismas.

En el eje y:

$$F_y = 0 = -180 \pm 15 \text{ N} - w_T + R_{Dy} + R_{Ey}$$

$$R_{Dy} = R_{Ey} = 105.36 \pm 7.5 \text{ N}$$

En el eje x:

$$F_x = 0 = (40 \pm 4) \text{ N} - R_{Dx} - R_{Ex}$$

$$R_{Dx} = R_{Ex} = -20 \pm 2 \text{ N}$$

### *Barra AB:*

Se cogerá el punto B como referencia.

Plano y:

$$F_y = 0 = -180 \pm 15 \text{ N} - w_{AB} + R_{By}$$

$$R_{By} = 189.07 \pm 15 \text{ N} = F_{ABy}$$

Plano x:

$$F_x = 0 = (44 \pm 4) \text{ N} - R_{Bx}$$

$$R_{Bx} = -40 \pm 4 \text{ N} = F_{ABx}$$

Por lo tanto para una L de 0.75 m se obtiene:

$$N = 189.07 \pm 15 \text{ N}$$

$$V = 40 \pm 4 \text{ N}$$

$$M_z = 33 \pm 3 \text{ Nm}$$

### **Barra BC:**

Se cogerá el punto C como referencia.

Plano y:

$$F_y = 0 = -R_{By} - w_{BC} + R_{cy}$$

$$R_{Cy} = -(194.39 \pm 15) \text{ N} = F_{BCy}$$

Plano x:

$$F_x = 0 = -R_{Bx} + R_{Cx}$$

$$R_{Cx} = 40 \pm 4 \text{ N} = F_{BCx}$$

Por lo tanto para una L de 0.163 m se obtiene:

$$N = 194.39 \pm 15 \text{ N}$$

$$V = 40 \pm 4 \text{ N}$$

$$M_z = 6.52 \pm 0.8 \text{ Nm}$$

**Barra CD y CE:**

Se cogerá el punto D como referencia, como ya se ha comentado las barras CD y CE estarán expuestos a las mismas solicitaciones, por lo que el punto E es el equivalente al punto D.

Plano y:

$$F_y = 0 = R_{Dy} - R_{Cy} - R_{CEy} - w_{CD}$$

$$R_{CEy} = 97.2 \pm 7.5 \text{ N} = F_{CEy}$$

Plano x:

$$F_x = 0 = R_{Cx} - R_{Dx} - R_{CEx}$$

$$R_{CEx} = -20 \pm 2 \text{ N} = F_{CEx}$$

Por lo tanto para una L de 0.289 m se obtiene:

$$N = 97.2 \pm 7.5 \text{ N}$$

$$V = 20 \pm 2 \text{ N}$$

$$M_z = 15.5 \pm 1.25 \text{ Nm}$$

Una vez que se han obtenido los valores de las fuerzas normales, cortantes y momentos por torsión, se harán los cálculos pertinentes para obtener las gráficas S-N para cada componente y sus correspondientes esfuerzos.

**Barra AB**

Se debe tener en cuenta que el material de esta barra es la aleación de aluminio 6061-T6. Como recordatorio, se sabe que el diámetro exterior de la barra es de 70 mm, y el interior de 66 mm, por lo tanto el área es de  $427.26 \text{ mm}^2$ ; y el módulo de resistencia a flexión  $W_x = 11.9 \text{ cm}^3$ .

Las características de esta aleación de aluminio son:

- ✓ Tensión límite de fatiga:  $\sigma'_n = 190 \text{ MPa}$
- ✓ Límite elástico:  $275 \text{ MPa}$
- ✓ Límite de rotura:  $\sigma_u = 310 \text{ MPa}$

Esfuerzo normal:

$$\sigma_N = \frac{N}{A} = \frac{189.07 \text{ N}}{427.26 \text{ mm}^2} = 0.443 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Na} = \frac{N_a}{A} = \frac{15 \text{ N}}{427.26 \text{ mm}^2} = 0.035 \text{ N/mm}^2$$

Esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{V}{A} = \frac{40 \text{ N}}{427.26 \text{ mm}^2} = 0.0936 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_a = \frac{V_a}{A} = \frac{4 \text{ N}}{427.26 \text{ mm}^2} = 0.00936 \text{ N/mm}^2$$

Esfuerzo por momento flector:

$$\sigma_M = \frac{M_f}{W_x} = \frac{30 \text{ Nm}}{11.9 \text{ cm}^3} = 2.52 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ma} = \frac{M_{fa}}{W_x} = \frac{3 \text{ Nm}}{11.9 \text{ cm}^3} = 0.25 \text{ N/mm}^2$$

El siguiente paso es conseguir la gráfica que relaciona el esfuerzo con el número de ciclos. Para ello hay que calcular la tensión límite de fatiga real, para ello se utilizará la siguiente expresión:

$$\sigma_e = C_e \times \sigma'_n$$

Dónde:

$$C_e = c_s \times c_d \times c_t \times c_f \times c_m \times c_j \times c_k \times c_d \times c_T \times c_w \times c_v$$

A continuación se irán definiendo y cuantificando los coeficientes para el caso del **esfuerzo normal**:

- $c_s$  : coeficiente de acabado superficial. En este caso se considerará una barra estirada en frío, por lo que:

$$c_s = 0.87$$

- $c_d$  : coeficiente de dimensiones y geometría. Sólo existen valores orientativos, en el caso de piezas de tamaño medio varía entre 0.8 y 0.9, y en piezas de gran tamaño entre 0.8 y 0.7. En este caso se ha decidido que el valor correspondiente es:

$$c_d = 0.78$$

- $c_t$  : coeficiente de forma de trabajo. El coeficiente será mayor cuanto más axial sea la carga, irá reduciendo si hay descentramientos que puedan inducir flexión, pudiéndose ver reducido este coeficiente hasta 0.7.

$$c_t = 0.85$$

- $c_f$  : coeficiente de fiabilidad. La fatiga de los materiales presenta una dispersión de resultados considerable. La desviación estándar para aleaciones de aluminio es de 7%, y suponiendo una fiabilidad de un fallo por cada cien mil piezas:  $Z=4.265$ . Por lo tanto:

$$c_f = 1 - 0.07 Z = 0.701$$

- $c_m$  : coeficiente de tratamientos mecánicos. Se supondrá que estas barras han sido mecanizadas con lo que el valor de este coeficiente será:

$$c_m = 1 + Y = 1.25$$

- $c_j$  : coeficiente de fretting. Se produce en uniones en las que existe rozamiento o posibilidad de pequeños deslizamientos. Éste será el caso de la unión entre esta barra (aleación aluminio) y la de acero inoxidable.

$$c_j = 0.95$$

- $c_k$  : coeficiente de choque. Tiene en cuenta el efecto de la brusquedad en la aplicación de las cargas. Se considerará que no hay brusquedad:

$$c_k = 1$$

- $c_T$  : coeficiente de temperatura. Para elementos que trabajan desde unos grados bajo cero hasta 200°C se utiliza el valor de la unidad.

$$c_T = 1$$

- $c_w$  : coeficiente de soldadura. No hay soldaduras significativas por lo que:

$$c_w = 1$$

- $c_v$  : coeficiente de efectos varios. Se recogen efectos diversos como ambientales, tratamientos térmicos, radiación etc. Se considerará un valor de:

$$c_v = 0.95$$

Por lo tanto se obtiene:

$$C_e = 0.456$$

Y:

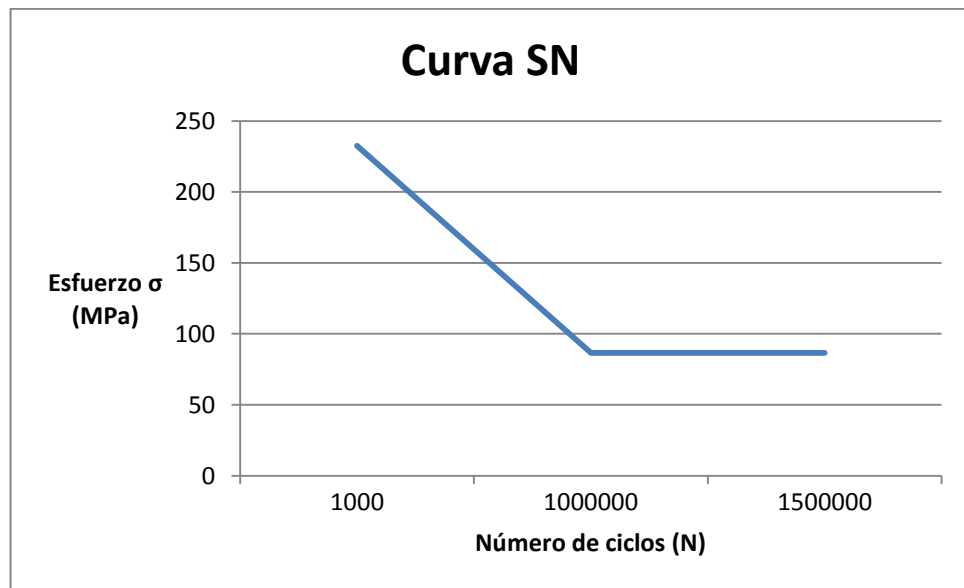
$$\sigma_e = 86.67 \text{ MPa}$$

Teniendo en cuenta el límite de rotura, 310 MPa, se establece  $\sigma_u$ , que es el esfuerzo en el ciclo  $10^3$ , punto en el que empieza el análisis de fatiga de ciclos altos. Como se puede deducir de la *ilustración 66*, en el caso del esfuerzo normal o axial:

$$\sigma_{1000} = 0.75 \times \sigma_u$$

$$\sigma_{1000} = 232.5 \text{ MPa}$$

La curva SN que se obtiene es la que se mostrará a continuación, esta gráfica no está realizada en escala logarítmica, pero normalmente estas curvas se representan en escalas logarítmicas para facilitar cálculos posteriores.



Se ha determinado que para este caso, se busca un número de ciclos de 150000, por lo que se debe determinar el valor de  $\sigma_{150000}$ , para ello se utilizará la semejanza de triángulos teniendo en cuenta la escala logarítmica que siguen las curvas SN:

$$\frac{\log(\sigma_{1000}) - \log(\sigma_e)}{\log 10^6 - \log 10^3} = \frac{\log(\sigma_{1000}) - \log(\sigma_{150\,000})}{\log(150\,000) - \log 10^3}$$

Se obtiene como esfuerzo:

$$\sigma_{150\,000(N)} = 113.65 \text{ MPa}$$

En el caso del **esfuerzo cortante**, el valor del coeficiente  $C_e$  será distinto, ya que el coeficiente de forma de trabajo cambia:

$$c_t = 0.6$$

Por lo que:

$$C_e = 0.322$$

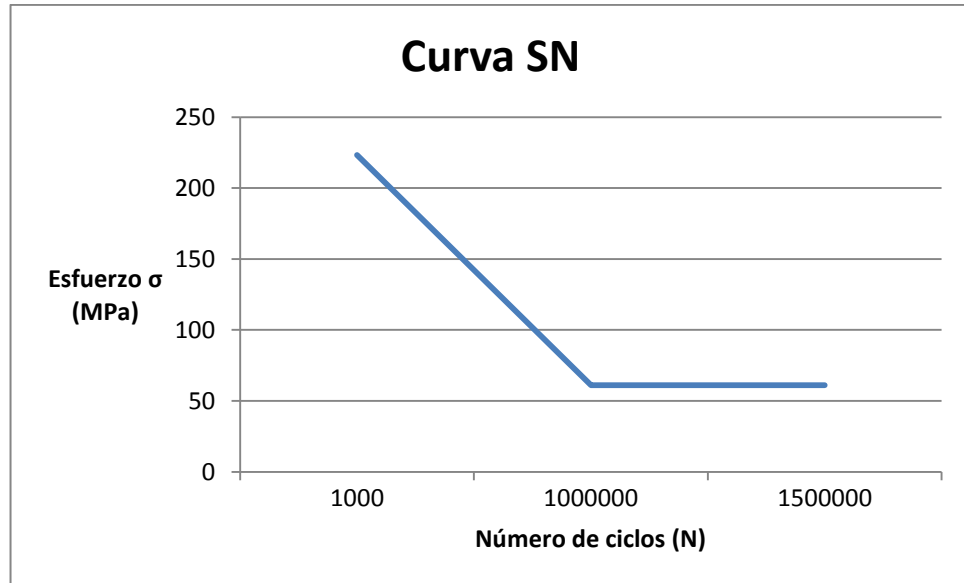
Y:

$$\sigma_e = 61.18 \text{ MPa}$$

En este caso el valor del esfuerzo a los 1000 ciclos es:

$$\sigma_{1000} = 0.72 \times \sigma_u$$

$$\sigma_{1000} = 223.2 \text{ MPa}$$



Como se ha hecho en el caso del esfuerzo normal, mediante la semejanza de triángulos:

$$\sigma_{150\,000(\tau)} = 87.29 \text{ MPa}$$

En el caso del **momento**, el valor del esfuerzo a los 1000 ciclos será:

$$\sigma_{1000} = 0.9 \times \sigma_u$$

$$\sigma_{1000} = 279 \text{ MPa}$$

A su vez:

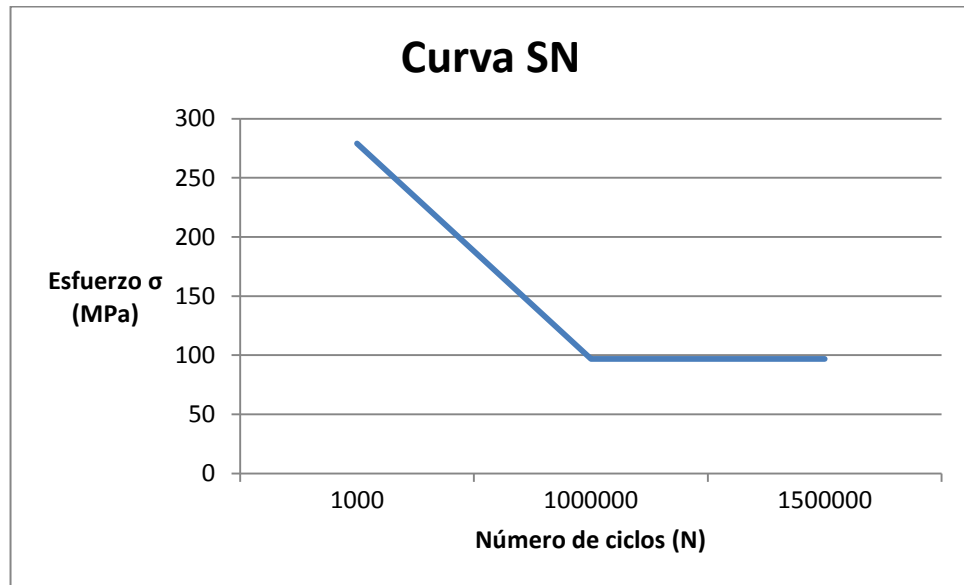
$$c_t = 0.95$$

Por lo que:

$$C_e = 0.51$$

Y:

$$\sigma_e = 96.86 \text{ MPa}$$



Por lo que se obtiene mediante la semejanza de triángulos:

$$\sigma_{150\,000(M)} = 129.52 \text{ MPa}$$

Para poder tener en cuenta todos los esfuerzos o tensiones de la barra AB, se utilizará el **criterio de Goodman**.

$$n_s = \frac{1}{\frac{\sigma_m}{\sigma_u} + \frac{\sigma_a}{\sigma}}$$

Donde  $n_s$  es un coeficiente de seguridad. Se utilizará este criterio por el tipo de material del que hacemos el análisis, ya que éste tiene una parte dúctil antes de su ruptura.

Para ello primeramente hay que calcular la tensión equivalente de Von Mises ( $\sigma_m$ ) y también la tensión equivalente alterna ( $\sigma_a$ ).

$$\sigma_m = \sqrt{(\sigma_N + \sigma_M)^2 + 3\tau^2} = 2.97 \text{ MPa}$$

A continuación se calculará la tensión equivalente alterna:

$$\sigma_a = \sqrt{(\sigma_{Na} \alpha_3 + \sigma_{Ma} \alpha_1)^2 + 3(\tau_a \alpha_2)^2}$$

Dónde:

$$\alpha_1 = \frac{\sigma_{150\,000(M)}}{\sigma_{150\,000(M)}} = 1$$

$$\alpha_2 = \frac{\sigma_{150\,000(M)}}{\sigma_{150\,000(\tau)}} = 1.48$$



$$\alpha_3 = \frac{\sigma_{150\,000(M)}}{\sigma_{150\,000(N)}} = 1.14$$

Y por lo tanto se obtiene:

$$\sigma_a = 0.29 \text{ MPa}$$

Una vez que se han obtenido estos valores, y establecido el coeficiente de seguridad en 1.5, se calculará la tensión  $\sigma$  que se obtiene:

$$n_s = \frac{1}{\frac{\sigma_m}{\sigma_u} + \frac{\sigma_a}{\sigma}} = 1.5$$

$$\sigma = \frac{\sigma_a}{\frac{1}{1.5} - \frac{\sigma_m}{\sigma_u}} = 0.44 \text{ MPa}$$

El valor que se ha obtenido, es en todos los casos menor que  $\sigma_e$ . De la misma manera se utilizará como comprobación a fallo:

$$\sigma_{\text{maximo}} = \sigma_a + \sigma_m = 3.26 \text{ MPa}$$

El valor de tensión máximo obtenido es mucho menor que el valor del límite elástico.

Las medidas y material escogidos para la barra AB son adecuados.

### Barra BC

Se seguirán los procedimientos que se han seguido a la hora de analizar la barra AB. En este caso, la barra tendrá un área transversal de  $3.42 \text{ cm}^2$  y  $W_x$  es de  $10.15 \text{ cm}^3$ .

Las características del acero inoxidable elegido son:

- ✓ Límite elástico: 240 MPa
- ✓ Límite de rotura:  $\sigma_u = 540 \text{ MPa}$

Esfuerzo normal:

$$\sigma_N = \frac{N}{A} = \frac{194.39 \text{ N}}{342 \text{ mm}^2} = 0.568 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Na} = \frac{N_a}{A} = \frac{15 \text{ N}}{342 \text{ mm}^2} = 0.439 \text{ N/mm}^2$$

Esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{V}{A} = \frac{40 \text{ N}}{342 \text{ mm}^2} = 0.117 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_a = \frac{V_a}{A} = \frac{4 \text{ N}}{342 \text{ mm}^2} = 0.0117 \text{ N/mm}^2$$

Esfuerzo por momento flector:

$$\sigma_M = \frac{M_f}{W_x} = \frac{6.52 \text{ Nm}}{10.15 \text{ cm}^3} = 0.64 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ma} = \frac{M_{fa}}{W_x} = \frac{0.8 \text{ Nm}}{10.15 \text{ cm}^3} = 0.079 \text{ N/mm}^2$$

En este caso el material es distinto al anterior, por lo que habrá que volver a calcular otra vez  $\sigma_e$  y los coeficientes  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  y  $\alpha_3$ .

Para empezar hay que calcular  $\sigma'_n$ , en el caso de los aceros se admiten las siguientes relaciones:

$$\sigma_u \leq 1400 \text{ MPa} \rightarrow \sigma'_n = 0.5 \times \sigma_u$$

$$\sigma_u \geq 1400 \text{ MPa} \rightarrow \sigma'_n = 700 \text{ MPa}$$

En el caso del acero inoxidable ASTM 316, teniendo en cuenta que el límite de rotura es de 540 MPa, el límite de fatiga será el siguiente:

$$\sigma'_n = 270 \text{ MPa}$$

**Esfuerzo normal**, para calcular la tensión límite de fatiga real, se tendrá que obtener de nuevo el coeficiente  $C_e$ :

$$\sigma_e = C_e \times \sigma'_n$$

Dónde como ya se sabe:

$$C_e = c_s \times c_d \times c_t \times c_f \times c_m \times c_j \times c_k \times c_d \times c_T \times c_w \times c_v$$

- $c_s$  : coeficiente de acabado superficial. En este caso se considerará una barra estirada en frío, por lo que:

$$c_s = 0.86$$

- $c_d$  : coeficiente de dimensiones y geometría. Al ser una pieza más pequeña el valor correspondiente es:

$$c_d = 0.81$$

- $c_t$  : coeficiente de forma de trabajo  
 $c_t = 0.85$
- $c_f$  : coeficiente de fiabilidad  
 $c_f = 1 - 0.07 Z = 0.701$
- $c_m$  : coeficiente de tratamientos mecánicos  
 $c_m = 1 + Y = 1.3$
- $c_j$  : coeficiente de fretting: unión entre esta barra (aleación aluminio) y la de acero inoxidable.  
 $c_j = 0.95$
- $c_k$  : coeficiente de choque. Tiene en cuenta el efecto de la brusquedad en la aplicación de las cargas. Se considerará que no hay brusquedad:  
 $c_k = 1$
- $c_T$  : coeficiente de temperatura. Para elementos que trabajan desde unos grados bajo cero hasta 200°C se utiliza el valor de la unidad.  
 $c_T = 1$
- $c_w$  : coeficiente de soldadura.  
 $c_w = 0.9$
- $c_v$  : coeficiente de efectos varios. Se recogen efectos diversos como ambientales, tratamientos térmicos, radiación etc. Se considerará un valor de:  
 $c_v = 0.95$

Por lo tanto se obtiene:

$$C_e = 0.438$$

Y:

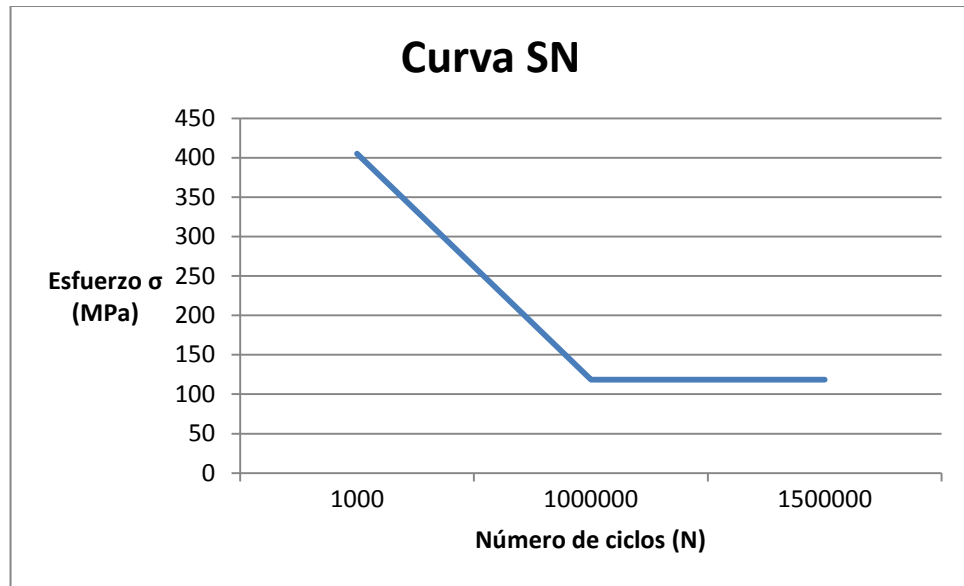
$$\sigma_e = 118.34 \text{ MPa}$$

Para dibujar la curva SN se necesita el valor del esfuerzo en el inicio de los ciclos altos, es decir, a los 1000 ciclos.

$$\sigma_{1000} = 0.75 \times \sigma_u$$

$$\sigma_{1000} = 405 \text{ MPa}$$

La curva SN que se obtiene es la siguiente:



De ahí podemos obtener:

$$\sigma_{150\,000(N)} = 165.90 \text{ MPa}$$

En el caso del **esfuerzo cortante**, el coeficiente que varía es:

$$c_t = 0.6$$

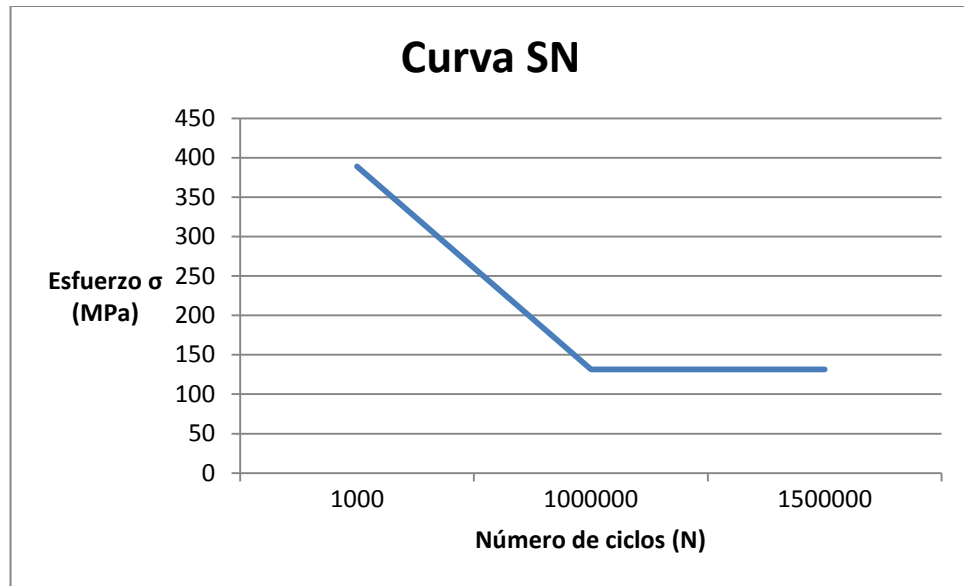
$$\sigma_e = 83.53 \text{ MPa}$$

Para dibujar la curva SN se necesita el valor del esfuerzo en el inicio de los ciclos altos, es decir, a los 1000 ciclos.

$$\sigma_{1000} = 0.72 \times \sigma_u$$

$$\sigma_{1000} = 388.8 \text{ MPa}$$

La curva SN que se obtiene es la siguiente:



Y de ahí se obtiene:

$$\sigma_{150\,000(\tau)} = 127.43 \text{ MPa}$$

En el caso del **momento**, el coeficiente que varía es:

$$c_t = 0.95$$

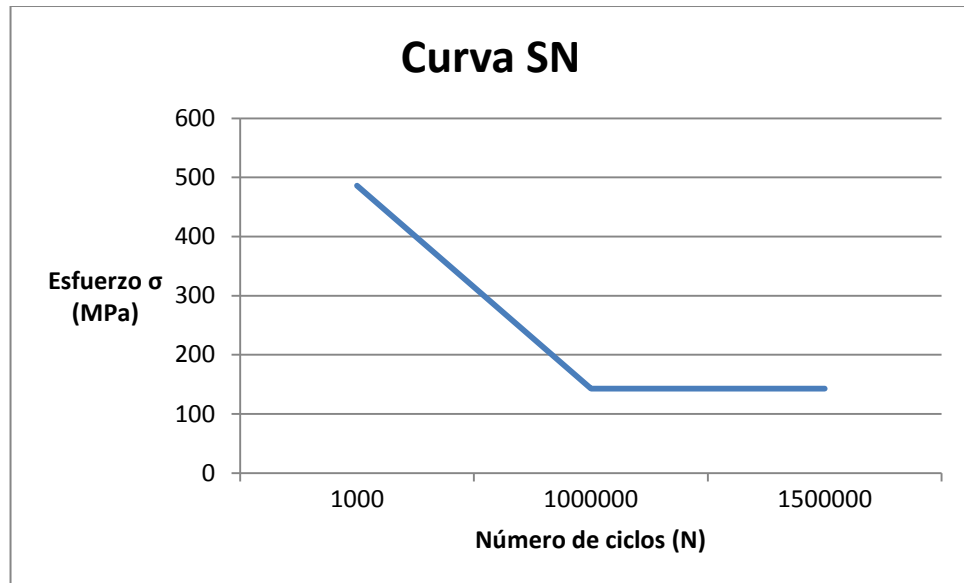
$$\sigma_e = 142.94 \text{ MPa}$$

El valor del esfuerzo en el inicio de los ciclos altos, es decir, a los 1000 ciclos:

$$\sigma_{1000} = 0.9 \times \sigma_u$$

$$\sigma_{1000} = 486 \text{ MPa}$$

La curva SN que se obtiene es:



Mediante el método de triángulos:

$$\sigma_{150\,000(M)} = 200.05 \text{ MPa}$$

Se utilizará el criterio de Goodman, y para ello habrá que cuantificar los siguientes coeficientes y parámetros:

$$\sigma_m = \sqrt{(\sigma_N + \sigma_M)^2 + 3\tau^2} = 1.22 \text{ MPa}$$

$$\alpha_1 = \frac{\sigma_{150\,000(M)}}{\sigma_{150\,000(M)}} = 1$$

$$\alpha_2 = \frac{\sigma_{150\,000(M)}}{\sigma_{150\,000(\tau)}} = 1.57$$

$$\alpha_3 = \frac{\sigma_{150\,000(M)}}{\sigma_{150\,000(N)}} = 1.21$$

La tensión equivalente alterna:

$$\sigma_a = \sqrt{(\sigma_{Na}\alpha_3 + \sigma_{Ma}\alpha_1)^2 + 3(\tau_a\alpha_2)^2} = 0.61 \text{ MPa}$$

La tensión que se obtiene del criterio de Goodman:

$$\sigma = \frac{\sigma_a}{\frac{1}{1.5} - \frac{\sigma_m}{\sigma_u}} = 0.92 \text{ MPa}$$

El valor que se ha obtenido, es en todos los casos menor que  $\sigma_e$ . De la misma manera se utilizará como comprobación a fallo:

$$\sigma_{\text{maximo}} = \sigma_a + \sigma_m = 1.83 \text{ MPa}$$

La barra y sus medidas elegidas son una buena opción.

### Barra CD/CE

Las barras CD y CE son iguales y están sometidos a los mismos esfuerzos.

En este caso ya se dispone de la gráfica SN, ya que el material es el mismo que en el caso de la barra BC. El resto de los datos coinciden con la barra BC.

Esfuerzo normal:

$$\sigma_N = \frac{N}{A} = \frac{97.2 \text{ N}}{342 \text{ mm}^2} = 0.28 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Na} = \frac{N_a}{A} = \frac{7.5 \text{ N}}{342 \text{ mm}^2} = 0.022 \text{ N/mm}^2$$

Esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{V}{A} = \frac{20 \text{ N}}{342 \text{ mm}^2} = 0.058 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_a = \frac{V_a}{A} = \frac{2 \text{ N}}{342 \text{ mm}^2} = 0.006 \text{ N/mm}^2$$

Esfuerzo por momento flector:

$$\sigma_M = \frac{M_f}{W_x} = \frac{15.5 \text{ Nm}}{10.15 \text{ cm}^3} = 1.53 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ma} = \frac{M_{fa}}{W_x} = \frac{1.25 \text{ Nm}}{10.15 \text{ cm}^3} = 0.12 \text{ N/mm}^2$$

Al disponer de las curvas SN y de los parámetros necesarios para calcular el equivalente de Von Mises y utilizar el criterio de Goodman:

$$\sigma = \frac{\sigma_a}{\frac{1}{1.5} - \frac{\sigma_m}{\sigma_u}} = 0.22 \text{ MPa}$$

El valor que se ha obtenido, es en todos los casos menor que  $\sigma_e$ . De la misma manera se utilizará como comprobación a fallo:

$$\sigma_{\text{maximo}} = \sigma_a + \sigma_m = 1.96 \text{ MPa}$$

La barra y sus medidas elegidas son una buena opción.

### 10.5.2 Condiciones climatológicas

Como se ha podido ver en el análisis a fatiga, el punto más débil de la estructura que soportará el enrollador es la barra intermedia de aleación de aluminio. Por lo tanto, al tener en cuenta las condiciones climatológicas adversas se analizará esta barra, es decir, para los casos del viento y la nieve.

En el caso de la nieve, su valor de carga máximo es de  $80 \text{ kg/m}^2$  en superficies planas. Teniendo en cuenta la forma de la carcasa, en este caso se considerará:

$$P_{nieve} = 100 \text{ N/m}^2$$

Para calcular la presión del viento se utilizará la expresión:

$$P_{viento} = 0.5 \times \rho \times v^2$$

$$P_{viento} = 560 \text{ N/m}^2$$

Hay que tener en cuenta que el viento puede dar por delante (plano x) o de un lado (plano z). Por lo tanto, para calcular la elasticidad, habrá que calcular la combinación de la carga y, y el resto de los planos.

#### *Plano y*

En este plano la barra sufrirá compresión debido a la nieve que se pueda depositar en la carcasa y los apoyos, y se utilizará un coeficiente de seguridad ( $CS=1.5$ ) para calcular esa tensión:

$$\sigma_{comp} = \frac{100 \text{ N} \times 1.5}{427.26 \text{ mm}^2} = 0.35 \text{ N/mm}^2$$

#### *Plano x*

En este caso, la única fuerza que va a soportar la estructura será la del viento que viene de frente, pero hay que tener en cuenta que la forma de la carcasa y de las barras es redondeada.

$$F_{viento \text{ carcasa}} = P_{viento} \times \frac{S_{viento}}{2} = 184.86 \text{ N}$$

$$q_{viento \text{ barra}} = P_{viento} \times \frac{S_{viento}}{2 \times L} = 0.01 \text{ N/mm}$$

Por lo tanto en este plano se obtiene:



$$\sigma_x = \frac{F_{viento carcasa}}{A} + \frac{q_{viento barra} x L}{A} = 0.45 \text{ N/mm}^2$$

### Plano z

En este plano se tendrá en cuenta la fuerza que ejerce el eje enrollador en este plano además del viento.

$$\sigma_x = \frac{q_{viento barra} x L}{A} + \frac{F_x}{A} = 0.12 \text{ N/mm}^2$$

Estos valores hay que sumarlos a los obtenidos anteriormente en el estudio de la fatiga.

El límite elástico de la aleación de aluminio escogida es de 275 N/mm<sup>2</sup>, por lo tanto la barra aguantará tanto las condiciones climatológicas a las que estará expuesta así como el resto de fuerzas que tiene que aguantar, ya que éstas han sido calculadas en el apartado anterior.

## 10.6 INTEGRIDAD ESTRUCTURAL DEL EQUIPO

Según la norma UNE-EN 13451-1, este producto tiene que cumplir con ciertos requisitos de seguridad relacionados con la integridad del equipo, incluyendo la estabilidad. La norma divide en dos partes los aspectos a tener en cuenta: cargas (Anexo A de la norma) e integridad estructural (Anexo B de la norma).

El producto debe resistir tanto las cargas permanentes como las cargas variables que actúan sobre él. Para el equipamiento de las piscinas no es necesario tener en cuenta las cargas accidentales, como bien pueden ser cargas ocasionadas por terremotos, incendios o colisiones.

### 10.6.1 Cargas

Se diferencian entre las cargas permanentes y las cargas variables.

Las *cargas permanentes* se constituyen por el peso de la propia estructura y sus ensamblajes. Por lo tanto hay que evaluar las siguientes cargas permanentes:

| Elemento      | Peso (kg) |
|---------------|-----------|
| Cobertor      | 11,45     |
| Motor         | 1,2       |
| Eje           | 2,12      |
| Rodamientos   | 1,24      |
| Soporte       | 0,2       |
| Contrasoporte | 0,15      |
| Rueda motriz  | 0,06      |
| Corona        | 0,06      |
| Carcasa       | 6,3       |

|                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| Apoyos acero inox        | 3,85            |
| Apoyos intermedios 6061  | 7,38            |
| Uniones apoyo-enrollador | 1,2             |
| <b>Total</b>             | <b>35,21 kg</b> |

En el caso de este producto, las *cargas variables* constan de: cargas de nieve y de viento.

✓ **Cargas de viento:** teniendo en cuenta el Eurocódigo para Actuaciones sobre Estructuras, Norma EN 1991-1-3 teniendo en cuenta periodo de referencia de 10 años.

- Fuertes vientos: 110 km/h

✓ **Cargas de nieve:** teniendo en cuenta el Eurocódigo para Actuaciones sobre Estructuras, Norma EN 1991-1-4 teniendo en cuenta periodo de referencia de 10 años.

- Nevadas sobre superficie horizontal hasta 80 kg/m<sup>2</sup>

Estos valores ya han sido tenidos en cuenta en el apartado **10.5.2 Condiciones climatológicas**.

### 10.6.2 Método de cálculo de la integridad estructural

#### *Principios generales*

El estado límite es el estado a partir del cual la estructura no satisface los requisitos de la norma UNE-EN 13451-1. De forma simbólica se formula como:

$$\gamma_F x S \leq R / \gamma_M$$

Donde

$\gamma_F$  es un factor de seguridad parcial para las cargas

$\gamma_M$  es un factor de seguridad parcial para los materiales

$S$  es el efecto de carga

$R$  es la resistencia de la estructura

El estado límite final son estados asociados a desplome o fallo estructural por ruptura, deformación excesiva o pérdida de equilibrio o estabilidad.

#### *Combinaciones de cargas para análisis estáticos*

Para la verificación se utilizarán las siguientes combinaciones de cargas:

$$G_{tot} = \gamma_{G,c}xG + \gamma_{Q,c}xQ_i$$

Donde

$G$  es la carga permanente

$Q_i$  son las cargas variables

$\gamma_{G,c}$  es el factor de seguridad para cargas permanentes (con valor 1 para efectos favorables y 1.35 con efectos desfavorables)

$\gamma_{Q,c}$  es el factor de seguridad para cargas variables (con valor 1 para efectos favorables y 1.35 con efectos desfavorables)

Teniendo en cuenta los cálculos realizados en apartados anteriores y teniendo en cuenta ahora los factores de seguridad que se definen en la norma UNE-EN 13451-1, tras repasar los cálculos, se determina que el producto cumplirá con dicha norma.

## 11. AMFE

El análisis modal de fallos y efectos de diseño, más conocido por su abreviatura AMFE, es un método que ayuda a analizar mejor el producto a diseñar y a conseguir una mayor calidad en el mismo detectando posibles fallos del producto antes de que éste salga al mercado, es por esto por lo que se define como un método preventivo. El AMFE de diseño se ha de realizar cada vez que se realiza un diseño, en caso de detectarse problemas importantes durante la vida del producto o periódicamente para llevar a cabo un proceso de mejora continua del producto.

Cabe destacar que el AMFE también se realiza a la hora de definir los procesos de fabricación del producto, el cual se denomina AMFE de proceso, pero este análisis queda fuera del alcance de este proyecto.

El análisis modal de fallos y efectos de diseño se suele llevar a cabo al mismo tiempo que el diseño preliminar, ya que este método de análisis funcional permite escoger los componentes de mayor calidad posible para el producto que se está diseñando. Se tienen en cuenta principalmente causas o efectos por las que se pueda llegar a producir un fallo, y los efectos que este fallo conllevaría en el conjunto. Un fallo conlleva al no funcionamiento de acuerdo a los requerimientos del producto que se ha diseñado.

Mediante la aplicación de este método, el producto que se busca obtiene un diseño perfectamente definido, se conocen las funciones que se deben dar al cliente y además se llega a conocer el funcionamiento, los materiales y especificaciones de los distintos componentes. Y es precisamente por estos hechos por lo que se consiguen grandes beneficios con su aplicación, pero su principal objetivo es siempre conseguir la máxima calidad para el usuario.

Las fases de las que consta el AMFE son las siguientes:

- ✓ Preparación de toda la documentación obtenida en el proceso de diseño
- ✓ Análisis de las funciones del producto, especificando los posibles fallos que puedan surgir, sus causas y el efecto que estos producirían sobre los usuarios
- ✓ Estimación de la frecuencia con la que se puede producir el fallo
- ✓ Medios de detección para determinar el fallo
- ✓ Puntuación de las características de las fases anteriores
- ✓ Planes de mejora

Por lo tanto, mediante el estudio de mejora de producto que se ha llevado a cabo se ha elegido la opción más conveniente para cada componente o conjunto.

Como ya se había hecho en apartados anteriores, se ha dividido el producto en cuatro partes o bloques principales que son los siguientes: mecanismo de giro, sujeción del cobertor, carcasa y apoyos. Dentro de cada parte se diferenciarán: los componentes, los modos de fallo, las causas y sus correspondientes métodos de detección, los efectos podrían acarrear en el producto y por último las puntuaciones de cada causa. Las puntuaciones son las siguientes:

- **F:** índice de frecuencia con la que aparece el fallo por una determinada causa. Se puntúa del 1 al 10, siendo 1 una frecuencia muy baja y 10 una alta frecuencia.
- **G:** índice de gravedad del fallo en función del efecto que produce. Se puntúa del 1 al 10, siendo 1 un fallo no grave y 10 un fallo muy grave.
- **D:** índice de probabilidad de detección del fallo antes de que llegue al cliente. Se puntúa del 1 al 10, siendo 1 una gran probabilidad y 10 una baja probabilidad.
- **NPR:** éste es el índice de prioridad de riesgo, y se consigue mediante la multiplicación de los tres índices anteriores. Su valor variará del 1 al 1000. Cuanto mayor sea su valor peor.

### 11.1 MECANISMO DE GIRO

La tabla AMFE correspondiente al conjunto que forma el mecanismo de giro es el siguiente:

|                | Modo de fallo        | Causa                              | Detección                                | Efecto                                 | F | G | D | NPR |
|----------------|----------------------|------------------------------------|--|--|---|---|---|-----|
| Eje enrollador | Deformación          | Mal dimensionamiento               | Examen diseño                            | Utilización no adecuada del enrollador | 3 | 8 | 2 | 48  |
|                |                      | Condiciones de uso fuera del rango | Visual                                   |  | 2 | 8 | 6 | 96  |
|                | Ruptura              | Material defectuoso                | Visual o examen de propiedades mecánicas | No utilización del enrollador          | 2 | 9 | 3 | 54  |
|                |                      | Condiciones de uso fuera del rango | Visual                                   |  | 2 | 9 | 6 | 108 |
|                | Agrietamiento        | Material defectuoso                | Visual o examen de propiedades mecánicas | Utilización no adecuada del enrollador | 2 | 8 | 3 | 40  |
|                |                      | Condiciones de uso fuera del rango | Visual                                   |  | 1 | 8 | 7 | 56  |
|                | Soltura del eje      | Mala sujeción eje - rueda motriz   | Ruido o visual                           | Rozamiento                             | 3 | 4 | 4 | 48  |
|                |                      |                                    |  | Caída del eje                          | 3 | 3 | 4 | 36  |
| Rodamientos    | Chirrido             | Mala alineación eje - rodamientos  | Ruido                                    | Molesto                                | 4 | 3 | 3 | 24  |
|                | Desgaste rodamientos | Mala alineación                    | Visual o ruido                           | Molesto                                | 4 | 3 | 3 | 24  |
|                |                      | Condiciones de uso fuera de rango  | Visual                                   | Deterioro de los rodamientos           | 2 | 4 | 7 | 26  |
|                | Ruptura              | Cálculo erróneo                    | Examen diseño                            | Inutilización de los rodamientos       | 2 | 6 | 3 | 36  |

|               |  |                                   |                |                              |   |   |    |    |
|---------------|--|-----------------------------------|----------------|------------------------------|---|---|----|----|
| Motor tubular | Fallo permanente de funcionamiento del motor | Mal cálculo de carga              | Examen diseño  | Inutilización del enrollador | 2 | 7 | 3  | 42 |
|               |  | Condiciones de uso fuera de rango | Visual         |                              | 2 | 7 | 5  | 70 |
|               |  | Motor defectuoso                  | Prueba         |                              | 1 | 7 | 2  | 14 |
|               |  | Fallo del convertidor de tensión  | Prueba         |                              | 4 | 7 | 2  | 56 |
|               | Fallo temporal de funcionamiento             | Falta de alimentación de la red   | Visual         | Utilización manual del motor | 3 | 1 | 10 | 30 |
|               | Deformación del árbol de salida              | Cálculo erróneo                   | Examen diseño  | Daños en el eje              | 3 | 6 | 3  | 36 |
|               |  | Uso indebido                      | Visual, ruido  |                              | 2 | 6 | 5  | 60 |
|               | Vibración excesiva                           | Mala sujeción del motor tubular   | Visual y ruido | Fricción                     | 4 | 4 | 3  | 48 |
|               |  | Placa antivibratoria inadecuada   | Ruido          |                              | 2 | 4 | 2  | 16 |

## 11.2 SUJECCIÓN DEL COBERTOR

La tabla AMFE correspondiente al conjunto que forma parte de la sujeción entre el cobertor y el eje enrollador es el siguiente:

|                  | Modo de fallo | Causa                      | Detección                       | Efecto                            | F | G | D | NP R |
|------------------|---------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---|---|---|------|
| Base de sujeción | Deformación   | Mal dimensionamiento       | Examen diseño                   | Que se suelte el cobertor del eje | 2 | 3 | 2 | 12   |
|                  |               | Mala elección del material | Examen de propiedades mecánicas |                                   | 2 | 3 | 3 | 18   |

|                                 |                                |                                   |                                 |  |   |   |   |    |
|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--|---|---|---|----|
|                                 | <b>Ruptura</b>                 | Material defectuoso               | Pruebas                         | Ruptura y necesidad de una nueva base              | 2 | 4 | 3 | 24 |
|                                 |                                | Condiciones de uso fuera de rango | Visual                          |  | 1 | 4 | 7 | 28 |
| <b>Cintas de amarre</b>         | <b>Ruptura</b>                 | Mala elección del material        | Examen de propiedades mecánicas | Ruptura y necesidad de una nueva base              | 2 | 4 | 2 | 16 |
|                                 |                                | Material defectuoso               | Pruebas                         |  | 2 | 4 | 2 | 16 |
|                                 |                                | Condiciones de uso fuera de rango | Visual                          |  | 1 | 4 | 7 | 28 |
|                                 | <b>Largura inadecuada</b>      | Mal dimensionamiento              | Examen diseño                   | Imposibilidad de amarrar el cobertor adecuadamente | 3 | 5 | 3 | 45 |
| <b>Amarre cintas - cobertor</b> | <b>Desgarro de la sujeción</b> | Material inadecuado               | Examen de diseño                | Desenganche del cobertor                           | 3 | 3 | 3 | 27 |
|                                 |                                | Condiciones de uso fuera de rango | Visual                          | Ruptura del cobertor                               | 2 | 5 | 4 | 40 |

### 11.3 CARCASA

La tabla AMFE correspondiente a la carcasa que protege el mecanismo de giro es la siguiente:

| <b>Modo de fallo</b>          | <b>Causa</b>         | <b>Detección</b> | <b>Efecto</b>                  | <b>F</b> | <b>G</b> | <b>D</b> | <b>NP R</b> |
|-------------------------------|----------------------|------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|-------------|
| No recoger el cobertor entero | Mal dimensionamiento | Visual           | Dejar fuera parte del cobertor | 2        | 9        | 3        | 54          |



|                                      |                                   |                                 |   |   |   |   |    |
|--------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---|---|---|---|----|
| Ruptura                              | Mala elección del material        | Examen de propiedades mecánicas | Cobertor desprotegido e imagen inadecuada       | 2 | 7 | 2 | 28 |
|                                      | Material defectuoso               | Pruebas                         |   | 1 | 7 | 2 | 14 |
|                                      | Condiciones de uso fuera de rango | Visual                          |   | 3 | 7 | 4 | 84 |
| Colapso en el interior de la carcasa | Acumulación de agua               | Visual                          | Dificultar el funcionamiento del eje enrollador | 1 | 6 | 3 | 18 |
|                                      | Acumulación de porquería          | Visual                          | Ensuciar el cobertor                            | 2 | 5 | 4 | 40 |

### 11.4 APOYOS

La tabla AMFE correspondiente a los apoyos que forman la estructura que sujeta al eje enrollador y su carcasa es la siguiente:

|                              | Modo de fallo     | Causa                             | Detección                       | Efecto  | F | G | D | NP R |
|------------------------------|-------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---|---|---|---|------|
| Apoyo de la barra intermedia | Deformación       | Condiciones de uso fuera de rango | Visual                          | Estético  | 2 | 3 | 3 | 18   |
|                              |                   | Mala elección del material        | Pruebas                         |   | 3 | 3 | 2 | 18   |
|                              | Falta de sujeción | Montaje inadecuado                | Pruebas                         | Vibración de este apoyo y por consiguiente del eje enrollador | 3 | 5 | 5 | 75   |
|                              |                   | Sistema de sujeción deficitario   | Pruebas                         |   | 2 | 5 | 3 | 30   |
| Barra de apoyo intermedia    | Ruptura           | Mala elección del material        | Examen de propiedades mecánicas | Ruptura y necesidad de una nueva barra intermedia             | 3 | 8 | 2 | 48   |
|                              |                   | Material defectuoso               | Pruebas                         |   | 3 | 8 | 2 | 48   |
|                              |                   | Condiciones de uso fuera de rango | Visual                          |   | 2 | 8 | 7 | 112  |

|                              |                           |   |                                 |   |   |   |   |     |
|------------------------------|---------------------------|---|---------------------------------|---|---|---|---|-----|
|                              | Deformación               | Mala elección del material                      | Examen de propiedades mecánicas | Necesidad de una nueva barra intermedia                       | 3 | 8 | 2 | 48  |
|                              |                           | Material defectuoso                             | Pruebas                         |   | 3 | 8 | 2 | 48  |
|                              |                           | Condiciones de uso fuera de rango               | Visual                          |   | 2 | 8 | 7 | 112 |
|                              |                           | Mal dimensionamiento                            | Examen diseño                   | Necesidad de una nueva barra intermedia con otras dimensiones | 3 | 9 | 2 | 54  |
|                              | Falta de sujeción         | Fricción entre la barra intermedia y el apoyo   | Pruebas                         | Desgaste de la rosca de la barra intermedia                   | 2 | 8 | 4 | 64  |
| Apoyo suelo acero inoxidable | Deformación de los apoyos | Material inadecuado                             | Examen de diseño                | Necesidad de nuevos apoyos                                    | 3 | 9 | 2 | 54  |
|                              |                           | Condiciones de uso fuera de rango               | Visual                          |   | 2 | 9 | 7 | 126 |
|                              | Falta de sujeción         | Fricción entre la barra intermedia y el a apoyo | Visual                          | Tambaleo de todo en enrollador, necesidad de nuevos apoyos    | 2 | 9 | 4 | 72  |

## Conclusiones

Tras realizar el análisis modal de fallos y efectos, se han obtenido los índices de prioridades de riesgo de todos los elementos que forman este producto.

Hay que prestar especial atención a los modos de fallo y causas que han obtenido un mayor índice de NPR. Los valores más altos se han registrado en los siguientes casos:

- ✓ Eje enrollador: ruptura del eje con el efecto de la no utilización del eje enrollador por mala utilización de parte del usuario (NPR 108)
- ✓ Barra de apoyo intermedia: ruptura y deformación de la barra de apoyo intermedia con el efecto de la necesidad de una nueva barra (NPR 112)

✓ Apoyos principales de acero inoxidable: deformación de los apoyos por condiciones de uso fuera de rango, con el efecto de la necesidad de unos nuevos apoyos (NPR 126)

Como era de esperar los casos de mayor peligro son los que se dan por condiciones de uso fuera de rango, ya que estas condiciones nunca se pueden llegar a prever adecuadamente, es por ello por lo que se trabaja con aproximaciones. De la misma manera, los elementos que presentan un mayor índice NPR son los elementos más importantes de todo el producto que su fallo lleva a la imposibilidad de utilizar dicho producto.

## 12. Elementos finitos

En el apartado anterior se ha realizado un análisis de fallos y efectos de cada componente que forman el producto teniendo en cuenta los modos de fallo, causas, detección, efecto y ciertos parámetros relacionados con ellos para cuantificar y obtener un índice de prioridad de riesgo.

Como se ha podido deducir, el mayor problema que podría sufrir este enrollador sería el fallo de sus **apoyos de acero inoxidable**, ya que supondrían el fallo del resto de la estructura y su sustitución tendría un coste económico elevado.

Con el fin de asegurar que estos apoyos van a soportar las cargas a las que estarán expuestos, se ha utilizado un módulo de CATIA en el que se realiza el análisis estructural por medio de elementos finitos. Mediante este estudio, se verá en qué lugar se produce una mayor concentración de tensiones y el valor de las mismas en el modo estático.

Primeramente se ha asignado el material elegido, acero inoxidable 316 al apoyo, y las propiedades estructurales que hay que considerar debido a dicho material serán las siguientes:

- Módulo de Young: 193 GPa
- Ratio de Poisson: 0.25
- Límite elástico: 240 MPa

Para realizar este estudio se han utilizado los datos de las cargas del apartado 10.5, y de la misma manera se ha añadido la carga debida a la fuerza de gravedad. Se han considerado anclajes al suelo en la base de los apoyos y se ha tenido en cuenta la no translación de la parte superior del apoyo.

Esto se puede observar en la siguiente *ilustración 68*.

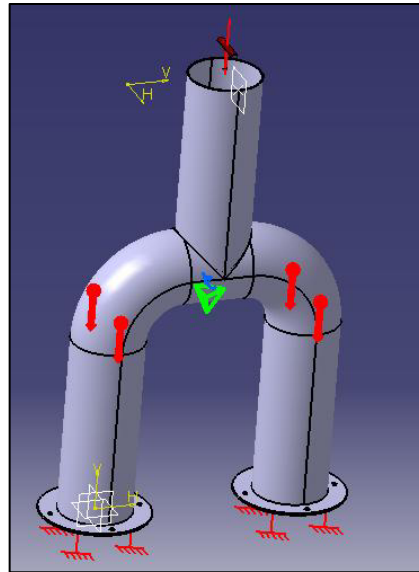


Ilustración 68. Apoyos y fuerzas en el análisis

El tamaño de malla que se ha elegido para aplicar elementos finitos es de 8 mm, y un error de aproximación entre la malla y geometría de 4 mm.

Como resultado de este análisis y simulación, mediante Von Misses, se obtiene el resultado que se muestra en *la ilustración 69*.

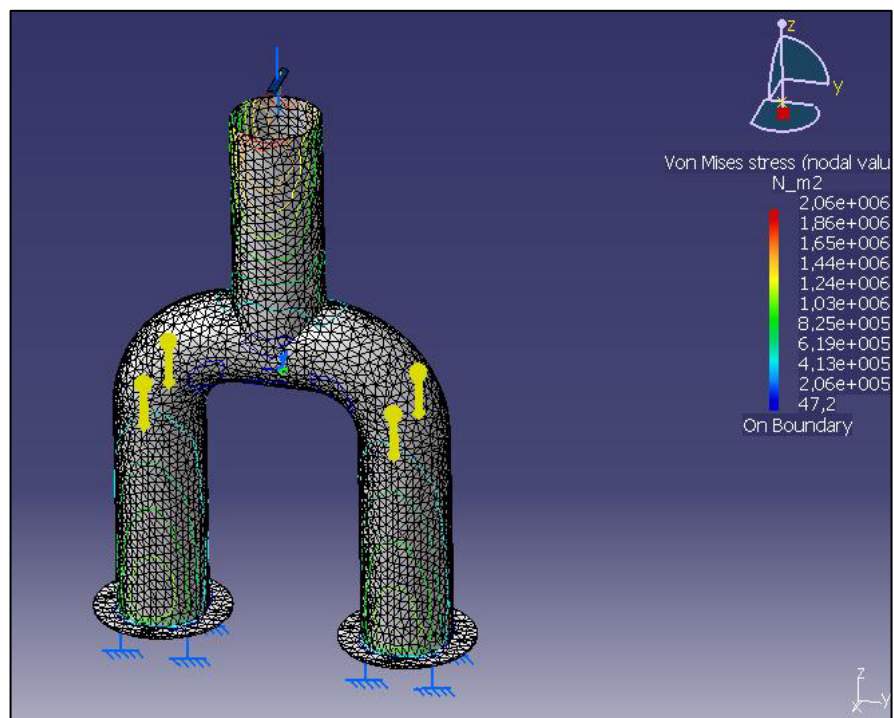
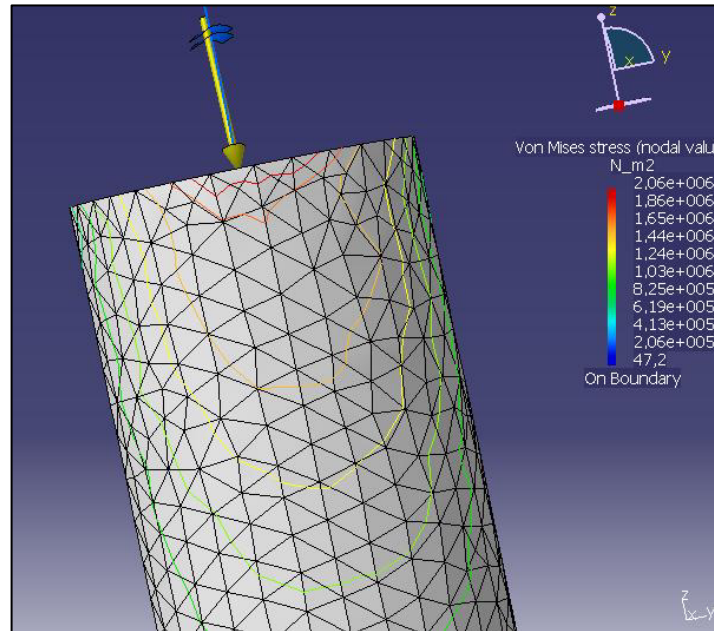


Ilustración 69. Resultado de simulación del apoyo de acero inoxidable

Como se puede observar, y como era de esperar, los mayores esfuerzos se concentran en la parte superior del apoyo, ya que ahí es donde sufre mayores tensiones, y concretamente en el lado perpendicular al eje enrollador. En la *ilustración 70* se muestra un detalle de este resultado.



**Ilustración 70. Detalle de tensiones**

La tensión máxima que sufrirá en dicho punto es de 2.06 MPa, y teniendo en cuenta los valores obtenidos en el ensayo a fatiga para un número de ciclo superiores a  $10^6$ , este valor está por debajo del esfuerzo que puede soportar el apoyo en estos ciclos:  $\sigma_e$ . Como ya se comentó si el mecanismo ha durado hasta los  $10^6$ , se considera éste que ya no fallará, es decir, tendrá vida infinita. Los valores que se obtuvieron en el análisis a fatiga eran en todo caso mayores que 100 MPa para ciclos mayores que  $10^6$ , por lo tanto el funcionamiento correcto del apoyo para las condiciones previstas está asegurado.

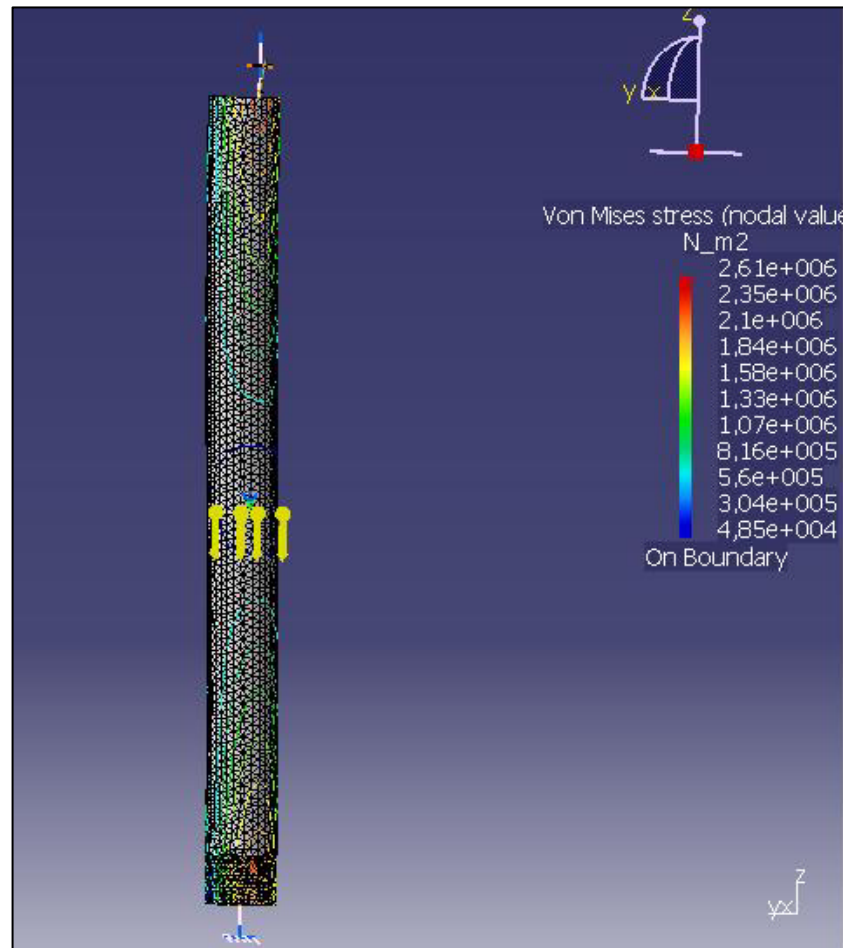
De la misma manera se realizará el mismo estudio para el caso de los **apoyos intermedios de aleación de aluminio**, ya que es el segundo componente más crítico según las soluciones obtenidas en el AMFE.

El material elegido que corresponde a estos apoyos intermedios es la aleación de aluminio manganeso silicio (6061-T6), y por lo tanto las propiedades estructurales que hay que son las siguientes:

- Módulo de Young: 68.9 GPa
- Ratio de Poisson: 0.346
- Límite elástico: 275 MPa

Las cargas estáticas aplicadas son las mismas utilizadas en el apartado 10.5 El tamaño de malla elegido es de 8 mm y el error de aproximación entre la malla y geometría de 4 mm.

Como resultado del análisis y simulación, mediante Von Misses, se obtiene el resultado mostrado en la *ilustración 71*.



**Ilustración 71. Resultado de simulación del apoyo intermedio**

Como se puede observar las zonas más críticas son las uniones del apoyo intermedio. No obstante el mayor valor de la tensión obtenida en las zonas más críticas es de 2.61 MPa, lo cual está muy por debajo de la tensión o esfuerzo máximo obtenido en el ensayo a fatiga.

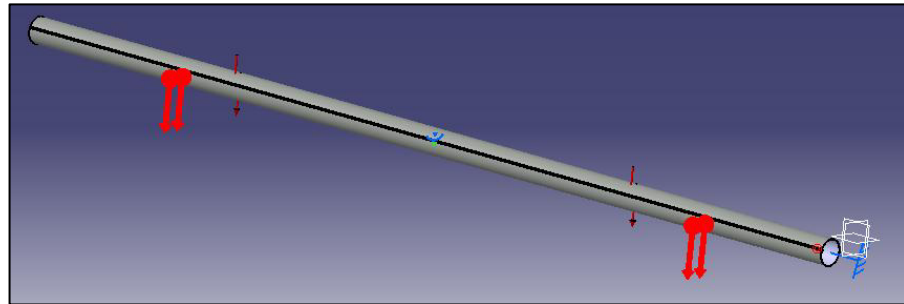
Y por último, se realizará el análisis del tercer elemento con mayor riesgo obtenido en el análisis modal de fallos y efectos, el **eje acanalado** de aluminio. Se trata del aluminio 1200-H14.

Las propiedades estructurales a tener en cuenta son las siguientes:

- Módulo de Young: 68.9 GPa

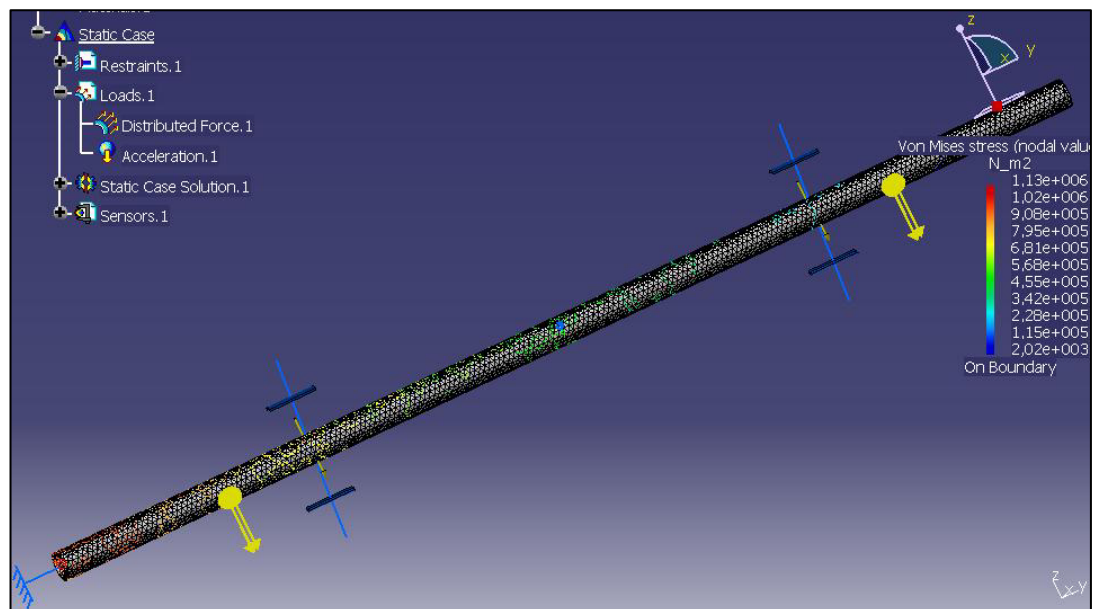
- Ratio de Poisson: 0.346
- Límite elástico: 69 MPa

En este caso las cargas estáticas son las utilizadas en el apartado 10.2.2, es decir, la carga que soportará el eje por el peso del cobertor, además de tener en cuenta la fuerza de gravedad. De la misma manera se ha tenido en cuenta la unión mediante fijación del eje al árbol del motor, y que el eje no puede moverse (solamente girar) ya que por el otro lado estará sujeto a los rodamientos, estas uniones definidas en CATIA se muestran en la *ilustración 72*.



**Ilustración 72. Eje enrollador**

Como resultado del análisis y simulación, mediante Von Misses, se obtiene el resultado que se muestra en la *ilustración 73*.



**Ilustración 73. Resultado de la simulación del eje enrollador**

La zona más crítica es la sujeción del eje enrollador y el árbol del motor, aquí es donde se concentrarán mayores tensiones. Ya que se trata de un punto de unión sin grados de libertad. Si se tienen en cuenta los valores de los esfuerzos de Von Mises, el mayor valor



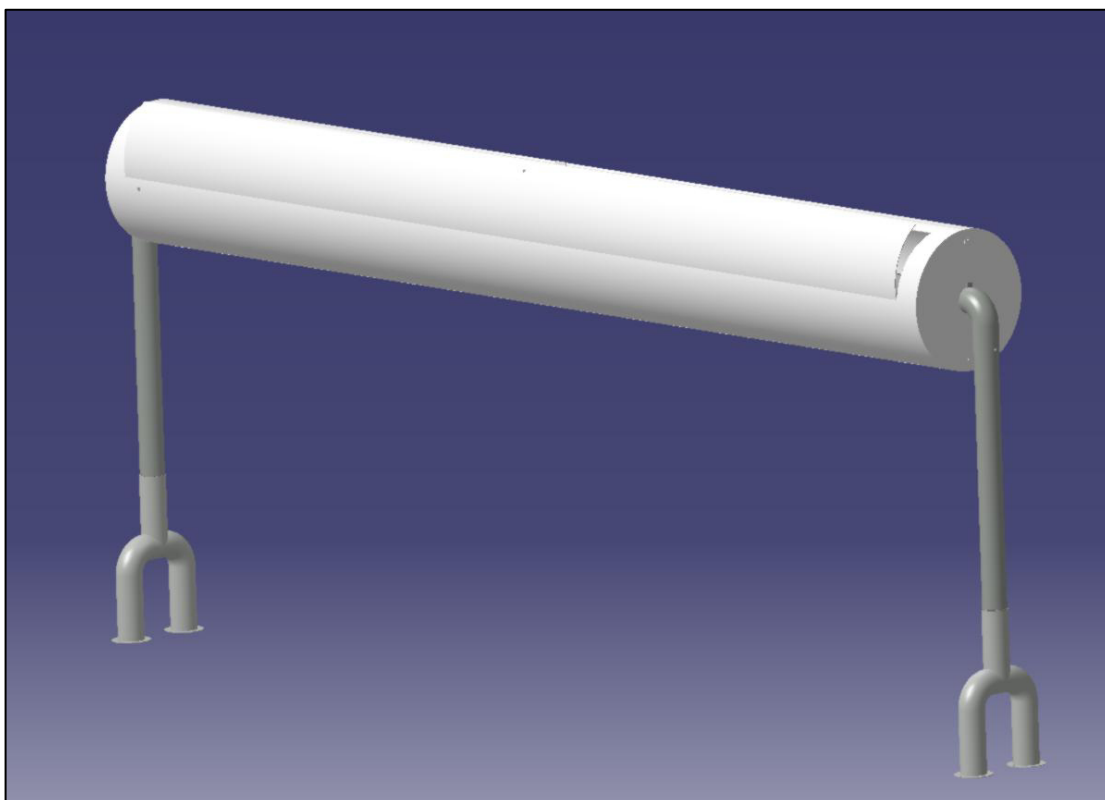
es de 1.13 MPa, lo cual es totalmente aceptable y no habrá problemas con este eje enrollador.

Por lo tanto, se ha hecho un análisis más exhaustivo de los componentes que representan un mayor peligro según el AMFE y se ha conseguido tener una visión más clara de los puntos más críticos y de los valores máximos de las tensiones en cada componente. Los resultados que se han obtenido mediante la pestaña de CATIA de elementos finitos son satisfactorios.

## 13. Diseño en detalle

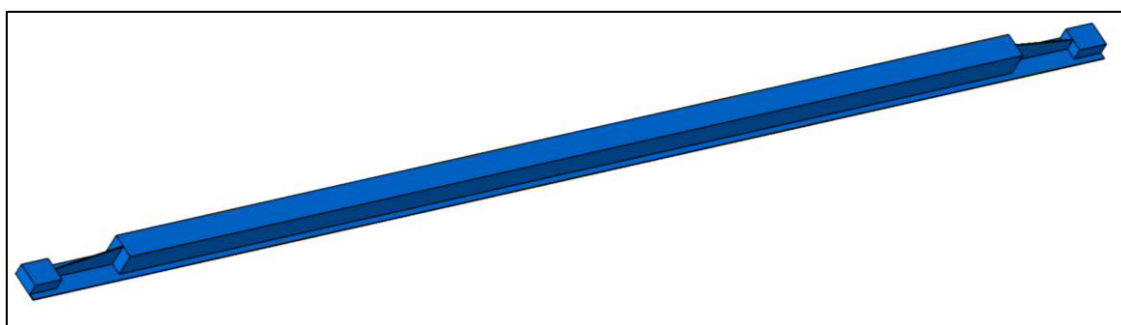
Teniendo en cuenta toda la información obtenida hasta este punto, el diseño en detalle del producto se realizará mediante el programa CATIA.

En las siguientes ilustraciones se puede ver el aspecto final del producto, pero los resultados se muestran de forma detallada en los planos del **ANEXO C**.



**Ilustración 74. Enrollador en 3D**

En la *ilustración 75* se muestra el accesorio de limpieza a instalar en el extremo del cobertor.



**Ilustración 75. Accesorio limpieza cobertor**

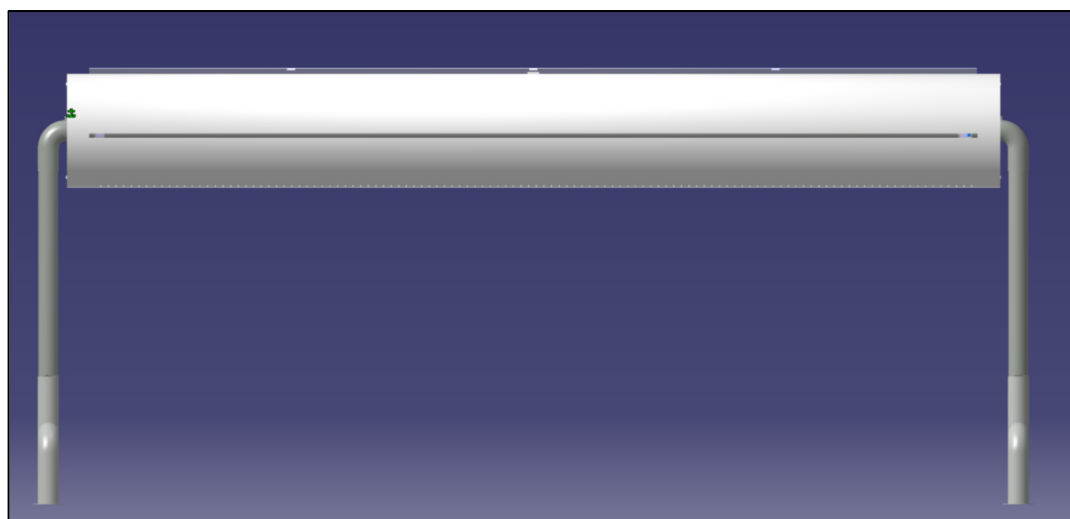


Ilustración 76. Vista frontal con la ranura para el cobertor

## 14. Estudio económico

Siempre que se lanza al mercado un nuevo producto, el objetivo además de cumplir con las expectativas del cliente, es recuperar el dinero invertido y obtener un beneficio de la venta de ese producto. Adentrarse en un proyecto es una inversión, ya que se pretende ganar más dinero que el que se ha gastado. Cabe destacar que cada empresa tiene unos objetivos y unos márgenes de beneficios que desea cumplir.

Antes de lanzar el producto al mercado se realiza un estudio económico, a pesar de que los mercados pueden llegar a ser impredecibles, mediante este estudio se conseguirá una estimación de los resultados que se pueden llegar a obtener a corto o largo plazo. Tomando como base la información que se obtenga en dicho estudio se podrán tomar distintas decisiones y ver la viabilidad del proyecto.

A la hora de realizar este estudio se tomará como base una empresa que ya disponga de las instalaciones necesarias y la maquinaria necesaria para realizar este tipo de producto. Es por ello, por lo que el valor de la inversión inicial en solares y maquinaria será nula.

### 14.1 PRESUPUESTO

A continuación se presentará el presupuesto que se entregará a la empresa que vaya a adquirir la fabricación del producto diseñado.

En este presupuesto se incluyen los costes del material y de la mano de obra que han sido necesarios para poder llegar a diseñar correctamente en enrollador del cobertor. Es decir, el presupuesto indica la cantidad a pagar por la empresa que desee hacerse con él para su fabricación. A pesar de que el alcance de este proyecto es únicamente el diseño del prototipo y no su fabricación ni la realización de sus pruebas, se hará una estimación de estos aspectos para realizar este presupuesto.

#### ✓ Costes del material

| Elemento                        | nº de unidades | €/unidad |
|---------------------------------|----------------|----------|
| <b>Motor</b>                    | 1              | 143      |
| <b>Eje</b>                      | 1              | 14,3     |
| <b>Rodamientos</b>              | 1              | 26,4     |
| <b>Soporte</b>                  | 1              | 4,4      |
| <b>Contrasoporte</b>            | 1              | 3,3      |
| <b>Rueda motriz</b>             | 1              | 5,5      |
| <b>Corona</b>                   | 1              | 4,4      |
| <b>Carcasa</b>                  | 1              | 82,5     |
| <b>Apoyos acero inoxidable</b>  | 2              | 121      |
| <b>Apoyos intermedios 6061</b>  | 2              | 38,5     |
| <b>Uniones apoyo-enrollador</b> | 2              | 24,2     |

|                              |   |                |
|------------------------------|---|----------------|
| <b>Dispositivo de ajuste</b> | 1 | 3,3            |
| <b>Convertidor</b>           | 1 | 16,5           |
| <b>Placa antivibratoria</b>  | 1 | 5,5            |
| <b>Otros</b>                 | - | 16,5           |
| <b>TOTAL</b>                 | - | <b>509,3 €</b> |

✓ **Mano de obra**

| Nº horas | Concepto              | €/hora | Gasto total   |
|----------|-----------------------|--------|---------------|
| 5        | Estudio de mercado    | 30     | 150           |
| 45       | Diseño del producto   | 40     | 1800          |
| 20       | Pruebas del prototipo | 35     | 700           |
| 5        | Instalación final     | 25     | 125           |
|          | <b>TOTAL</b>          |        | <b>2775 €</b> |

Por lo tanto el presupuesto de este proyecto, incluyendo la materia prima de un producto terminado y la mano de obra necesaria para la realización del proyecto, asciende a 3284,3€.

## 14.2 COSTES Y PUNTO DE EQUILIBRIO

Uno de los pasos más importantes del estudio económico será determinar el coste total de la fabricación del producto, ya que éste será la base que permitirá realizar el resto del estudio. Dentro del coste del producto se hará una diferenciación entre los costes fijos y los costes variables. Los costes fijos no cambian con el número de unidades producidas y vendidas, mientras que los variables sí.

Los **costes fijos** son los alquileres, gastos financieros, sueldos de trabajadores, consumos de luz, gastos de amortización, de distribución, consumos de agua y conceptos similares. Sin embargo, al considerar una empresa que ya lleva a cabo una producción, calcular los costes fijos atribuibles a este producto es algo complicado. Se tendrá en cuenta únicamente la fracción correspondiente a la producción de este producto que se está valorando.

Por lo tanto, se considerarán los siguientes gastos fijos anuales:

| Concepto                        | €/año         |
|---------------------------------|---------------|
| <b>Sueldos</b>                  | 60000         |
| <b>Consumos energético/agua</b> | 6000          |
| <b>Varios</b>                   | 100000        |
| <b>Amortización</b>             | 4000          |
| <b>Gastos de distribución</b>   | 10000         |
| <b>TOTAL</b>                    | <b>180000</b> |

El **coste variable** más significativo será la materia prima, ya que dependiendo del número de unidades producidas será mayor o menor. Otros costes variables serían el impuesto de sociedades, el coste de mantenimiento del stock y el coste de distribución del producto.

En este caso, teniendo en cuenta de que se van a fabricar más de un lote de este producto, y por lo tanto al adquirir los materiales en lotes, los precios de los materiales tienen un 10% de descuento respecto a lo que se ha definido en el presupuesto.

| Elemento                            | €/unidad |
|-------------------------------------|----------|
| <b>Motor</b>                        | 130      |
| <b>Eje</b>                          | 13       |
| <b>Rodamientos</b>                  | 24       |
| <b>Soporte</b>                      | 4        |
| <b>Contrasoporte</b>                | 3        |
| <b>Rueda motriz</b>                 | 5        |
| <b>Corona</b>                       | 4        |
| <b>Carcasa</b>                      | 75       |
| <b>Apoyos acero inox (2)</b>        | 110      |
| <b>Apoyos intermedios 6061 (2)</b>  | 35       |
| <b>Uniones apoyo-enrollador (2)</b> | 22       |
| <b>Dispositivo de ajuste</b>        | 3        |
| <b>Convertidor</b>                  | 15       |
| <b>Placa antivibratoria</b>         | 5        |
| <b>Otros</b>                        | 15       |
| <b>TOTAL</b>                        | 463      |

Una vez obtenidos los costes fijos y variables habrá que decidir cuál es el precio de venta que se le quiere asignar al producto. Dependiendo de este precio de venta se obtendrá la cantidad de unidades que hay que vender para alcanzar el punto de equilibrio, es decir, el punto en el cual se ha recuperado el dinero invertido. A partir de ese punto se empiezan a obtener beneficios.

A la hora de fijar el precio del producto habrá que tener en cuenta no sólo el coste unitario del producto sino que también el beneficio que se desea obtener, y posteriormente comparar con el precio de los productos de la competencia, ya que estos valores pueden servir como orientación.

En la *ilustración 77* se muestra la gráfica del punto de equilibrio.

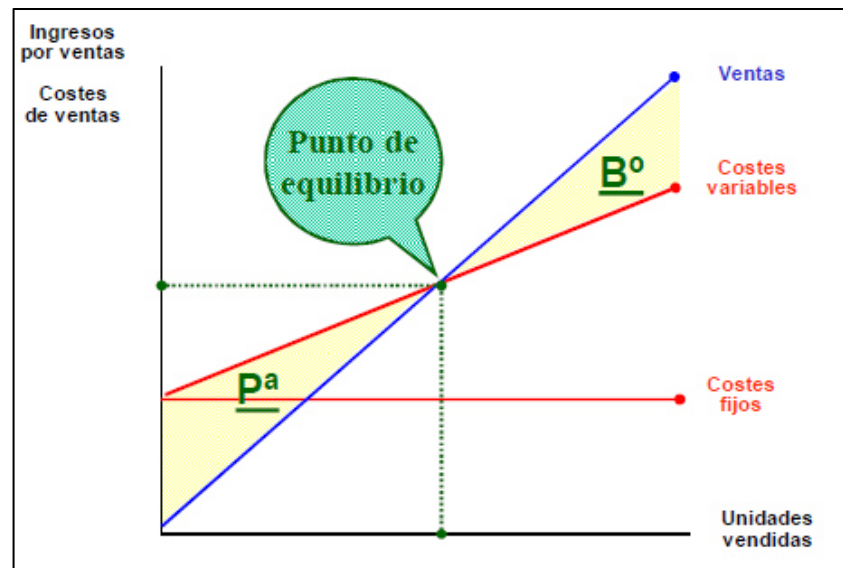


Ilustración 77. Punto de equilibrio

### Cálculo del punto de equilibrio

Teniendo en cuenta el precio de los materiales obtenidos, los gastos fijos y analizando los precios de productos similares en el mercado actual se ha decidido que el precio de venta del producto al público se situará en 645€, esto es lo que pagarán los clientes que deseen adquirir este producto.

$$PVP = 645 \text{ €}$$

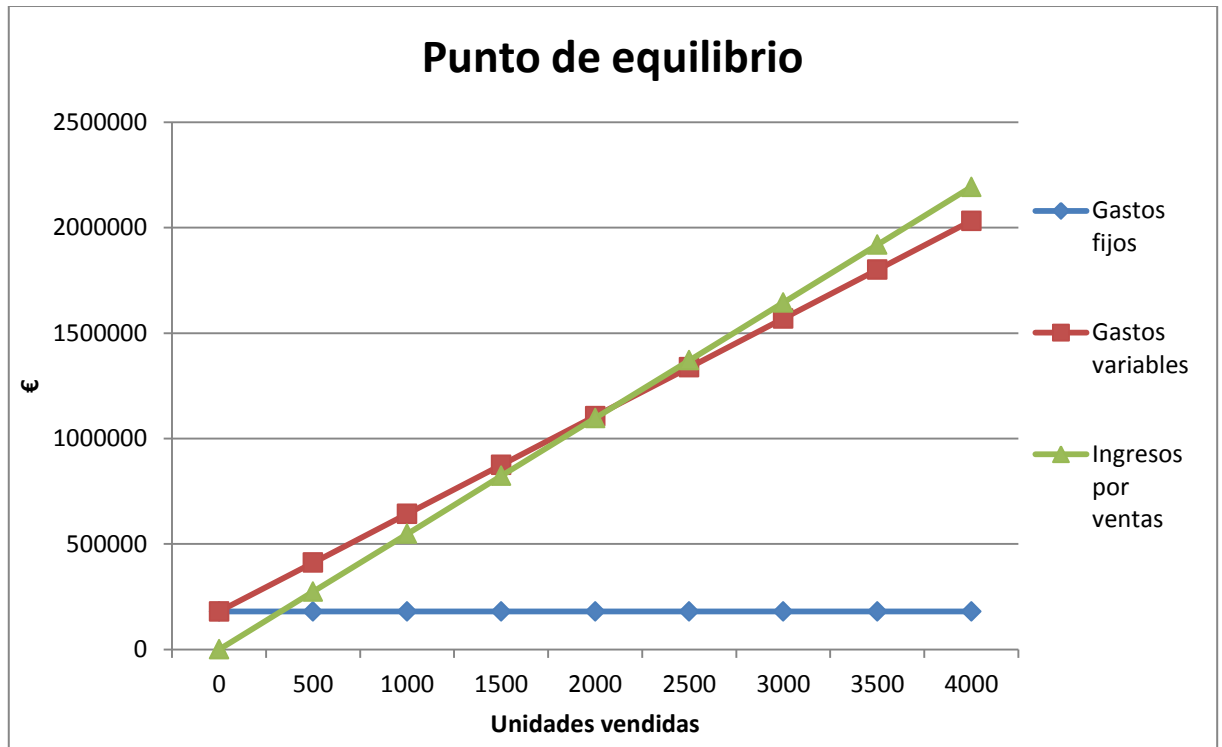
No obstante hay que tener en cuenta posibles intermediarios que faciliten la venta, estos se harán con el 15% del precio de venta, éste será el **precio de venta directa**.

$$PVD = 578.25 \text{ €}$$

El margen por cada unidad vendida será:

$$\text{Margen} = PVD - \text{Coste material} = 115.25 \text{ €}$$

Por lo tanto la gráfica del punto de equilibrio, se realizará teniendo en cuenta los ingresos de precio de venta directa.



Se calcula el punto de equilibrio:

$$n = \frac{\text{Gastos fijos}}{\text{Ingresos por ventas} - \text{Gastos variables}}$$

$$n = 2111 \text{ unidades}$$

Por lo tanto a partir de la venta de la unidad número 2112 se empezarán a tener ganancias.

### Beneficio

Teniendo en cuenta los datos de la *Federación de Asociaciones de Fabricantes de Equipos y Constructores de Piscinas, Saunas y Spas*, se preverá que el número de unidades vendidas será:

$$n = 8000 \text{ unidades/año}$$

Es importante no hacer una estimación excesivamente optimista, ya que esto puede acarrear pérdidas muy grandes.

El beneficio bruto obtenido por la empresa si se venden las 8000 unidades esperadas sería el siguiente:

$$\text{Beneficio bruto} = 8000 \times \text{Ing. por ventas} - \text{Gastos variables} - \text{Gastos fijos}$$



*Beneficio bruto = 672500 €/año*

Viendo los valores obtenidos, se llega a la conclusión de que llevar a cabo este proyecto sería totalmente viable y aportaría beneficios.

## 15. Conclusiones

Tras el estudio de diseño que se ha realizado en este proyecto para desarrollar un enrollador de cobertor de piscinas elevadas, se puede afirmar que realmente existe una necesidad de este producto en el mercado actual y que se considera que esa necesidad ha sido cubierta con el desarrollo de este nuevo producto, tanto las necesidades principales como las secundarias.

Aun y todo, al ser un proyecto individual y de carácter didáctico, muchos de los datos que se citan en el proyecto son aproximaciones. Los resultados obtenidos hubiesen sido más exactos si se hubiesen hecho ensayos físicos además de la creación de un prototipo con sus correspondientes pruebas. Es decir, a pesar de que el estudio realizado ratifica que no habrá problemas con el producto, en la práctica podrían darse complicaciones o respuestas no esperadas del prototipo, y ello conllevaría a la modificación de ciertos aspectos del diseño.

De la misma manera, el estudio económico tiene valores orientativos ya que no se ha podido obtener toda la información deseada. Sería conveniente por ejemplo disponer de las unidades de venta anuales de los productos de la competencia para así tener un valor más aproximado a la realidad actual del mercado. No obstante, se considera que las aproximaciones no son excesivamente optimistas por lo que no debería de haber ningún problema importante ni pérdidas económicas.

Gracias a la realización de este proyecto se ha podido conocer y profundizar mejor el proceso de diseño de cualquier producto que se desea adentrar en un mercado determinado, y todos los aspectos a tener en cuenta. Empezando desde el análisis del mercado en sí, centrándose en los productos del mismo campo, pasando por las especificaciones del producto a diseñar y posterior desarrollo de las mismas, y terminando con un análisis de calidad para asegurar el correcto funcionamiento del producto. Además se ha realizado un diseño en detalle completo en CATIA, lo cual ha permitido visualizar mejor el producto y tener una idea más próxima a la realidad del mismo. A su vez se han realizado simulaciones del circuito eléctrico diseñado para alimentar el motor tubular mediante el software LT Spice. El uso de estos programas han servido para darle un aspecto más real a todo el trabajo realizado y poder ver mejor la respuesta del producto.

Por lo tanto, se puede ver que el diseño de un producto para su venta al público no es tan sencillo como parece, ya que hay muchos aspectos a tener en cuenta y no solamente participan en él áreas relacionadas con la ingeniería.

Como se ha comentado al principio del proyecto, una vez realizado este proyecto, posteriormente se puede ampliar el producto a piscinas de otras dimensiones haciendo pequeñas modificaciones, principalmente de anchura, para poder utilizarlo en piscinas de distintas dimensiones. Debido a que en el diseño preliminar se han obtenido márgenes muy altos en los distintos elementos, utilizando los mismos materiales y cambiando sus dimensiones se podría ampliar este producto, siempre y cuando responda de la manera esperada ante el mercado actual.

Es por todo ello por lo que la realización de este proyecto se valora muy positivamente cumpliendo así los objetivos del mismo: el diseño de un producto y el aprendizaje del proceso de diseño.

## BIBLIOGRAFÍA

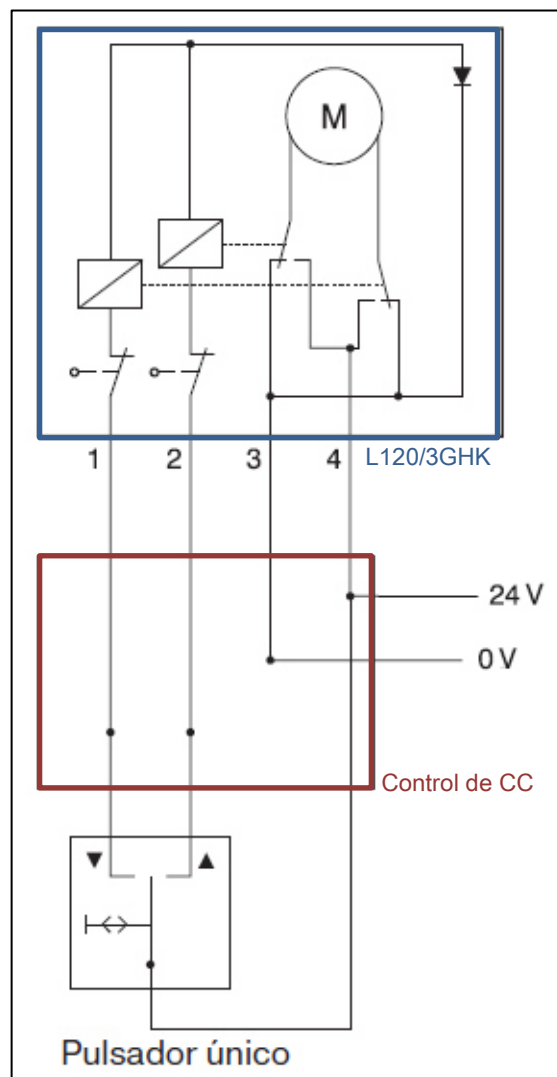
- ***Diseño de producto: el proceso de diseño.*** Alcaide Marzal, Jose; Diego Más, José; Artacho Ramirez, Miguel (U.P. de Valencia, 2011)
- ***Diseño de producto: métodos y técnicas.*** Alcaide Marzal, Jose; Diego Más, José; Artacho Ramirez, Miguel (U.P. de Valencia, 2011)
- ***El proceso de diseño en ingeniería.*** Dym, Clive; Little, Patrick (2002)
- ***Metodología del diseño industrial.*** Aguayo González, Francisco; Soltero Sánchez, Víctor M. (2002)
- ***El producto adecuado. Práctica del análisis funcional.*** Tassinari, Robert (1994)
- Apuntes de asignatura: ***“Diseño industrial”.*** Villanueva Roldán, Pedro (UPNA, 2013)
- ***Diseño Industrial. Guía de materiales y procesos de manufactura.*** Lesko, Jim (2004)
- ***Fundamentos de manufactura moderna.*** Groover, Mikell P. (1997)
- ***Fuentes de alimentación.*** Montilla Meoro, Fulgencio (U.P de Valencia, 1997)
- ***Tecnología de máquinas.*** Pedrero Moya, Jose Ignacio (2010)
- ***Diseño de máquinas.*** Norton, Robert L. (1999)
- ***Mecánica y resistencia de materiales.*** Görgen, Kurt; Tiedtke, Alfred (1976)
- ***Mecánica de materiales.*** Bedford, Anthony; Liechti, Kenneth M. (2002)
- Apuntes de asignatura: ***“Sistema mekanikoak”.*** Odriozola, Iñigo (UPV-EHU, 2009)
- ***Ingeniería mecánica estática.*** Sandor, Bela I (2ª edición)
- ***Métodos de análisis para diseño mecánico (Volumen IV: Análisis de fatiga).*** Avilés, Rafael (Escuela Superior de Ingenieros Bilbao, 2003)
- Apuntes de asignatura: ***“Financiación e inversión”.*** Cascante, Roberto (UPNA, 2013)
- Apuntes de asignatura: ***“Bulego teknikoa”.*** Aiestaran Matxinandiarena, Pedro (UPV-EHU, 2010)
- ***Principios de electricidad y electrónica II.*** Hermosa Donate, Antonio (1999)

- *Catálogo Alu-Stock – Aleaciones de aluminio*
- *Catálogo piscinas Iaso*
- *Catálogo Becker*

## ANEXO A

***Circuito eléctrico del enrollador del cobertor***

La conexión eléctrica del motor tubular con el resto de los componentes ha de ser la que se muestra en la *ilustración 78*.



**Ilustración 78. Conexión eléctrica**

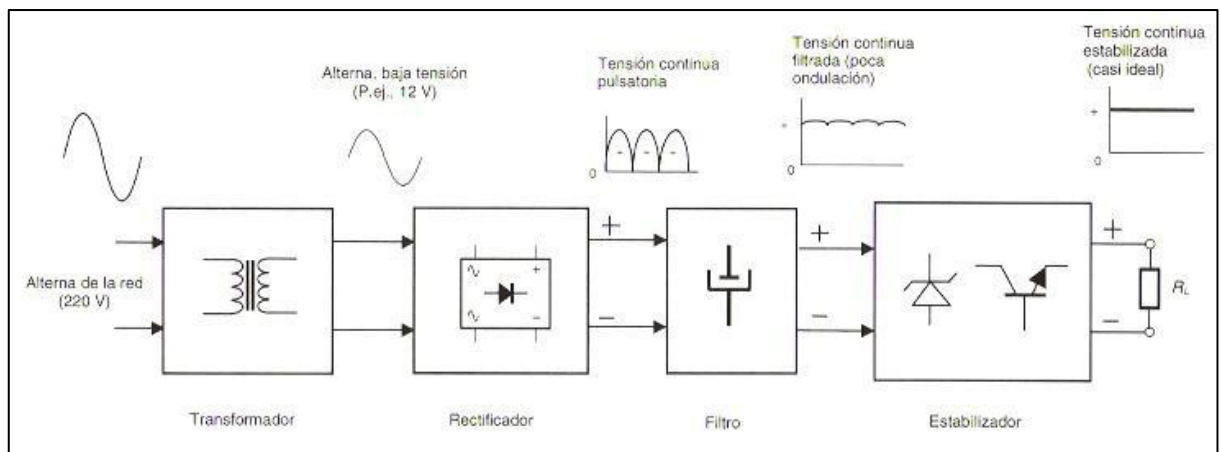
Por motivos de seguridad y comodidad, el pulsador único se instalará en el cajón eléctrico donde se alojará la fuente de alimentación y su correspondiente cableado. Hay que diseñar un control de corriente continua cuya tensión de salida será de 24V y tenga una entrada para el pulsador Arriba/Abajo.

### ✓ Convertidor CA/CC

Para convertir 220V de corriente alterna a 24V de corriente continua se utilizará una fuente de alimentación lineal. La elección de este tipo de fuente se debe a su aplicación, ya que éste será utilizado de manera esporádica, y durante periodos breves para una simple aplicación. Las principales ventajas respecto a la fuente de alimentación conmutada son la simplicidad de diseño, su suave operación y bajo ruido.

Para realizar este circuito se ha utilizado un transformador, un rectificador, un filtro y un regulador de tensión. Por un lado el **transformador** es el responsable de reducir los 220V que recibe de la red a un valor menor de voltaje, en este caso 24V, además proporciona aislamiento galvánico. La siguiente parte del circuito es el **rectificador**, en esta parte se convierte la corriente alterna en corriente continua, para esta parte del circuito se utilizará un rectificador de onda completa (puente doble de Graetz). A pesar de que se consigue entrar en corriente continua, hay que disminuir el rizado, esto se conseguirá mediante un diodo y un condensador que actuarán como **filtro**. Y por último, con el fin de conseguir una tensión DC más estable se utilizará un **regulador de tensión**, que es un sistema de control de lazo cerrado que se conseguirá mediante un LM7812.

En la *ilustración 79* se muestra esta fuente de alimentación.



**Ilustración 79. Fuente de alimentación**

La simulación del circuito eléctrico se ha realizado mediante el software LT Spice donde se podrán observar las tensiones de salida de los componentes del circuito y su funcionamiento.

El circuito que se ha diseñado y posteriormente simulado en LT Spice es el que se muestra en la *ilustración 80*.

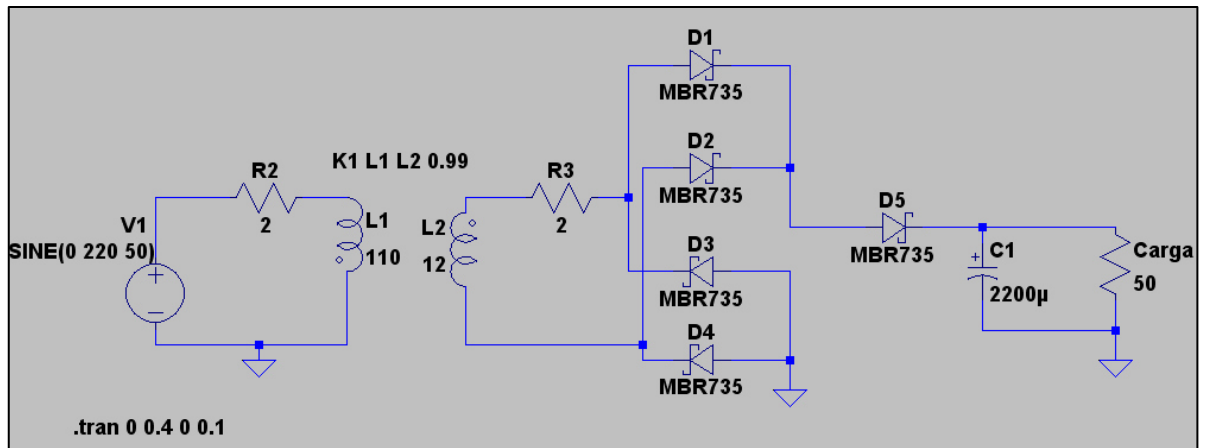


Ilustración 80. Circuito en LT Spice

Como se especifica en los datos del motor Becker, la tensión nominal del motor es de 24V y la corriente nominal de 5A, por lo que se puede deducir que la resistencia equivalente del motor es de  $4.8\Omega$ . No obstante, debido a las características de LT Spice en la simulación se ha utilizado una resistencia de  $50\Omega$ .

De la misma manera, para poder realizar la simulación en el programa es necesaria la presencia de resistencias a la entrada y salida del transformador.

### ✓ Transformador

El transformador consigue reducir el valor de la tensión hasta los 24V. Los datos principales de la fuente de alimentación que se desea son las siguientes:

$V_{\text{input}}$ : 220V

$V_{\text{output}}$ : 24V

F: 50Hz

El transformador se simulara mediante dos inductancias y relacionando esas dos inductancias mediante el comando “SPICE directive” de LTSpice. Es necesario añadir resistencias a la salida del secundario del transformador para realizar la simulación con éxito.

En la simulación la relación que han de mantener entre este par de inductancias es de 220:20, es decir, 220V de entrada del transformador y 20V de salida del transformador. En el siguiente apartado se calculará la salida que ha de tener el transformador en realidad, ya que hay que tener en cuenta las pérdidas de tensión que se generarán y las resistencias que se han añadido en la simulación.

Los valores de tensión de entrada ( $V(n004)$  en verde) y de salida ( $V(n002)$  en azul) del transformador que se han obtenido en LTSpice se muestran en la *ilustración 81*.



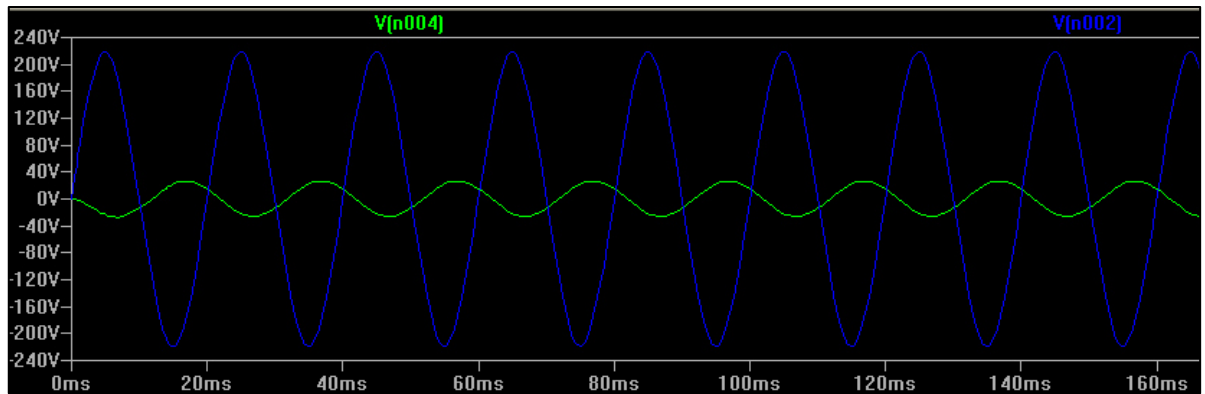


Ilustración 81. Entrada y salida del transformador

### ✓ **Rectificador**

El rectificador convierte la onda senoidal de corriente alterna en una tensión continua pulsatoria. A pesar de haber distintas maneras de conseguir esto en este caso se realizará mediante el puente doble de Graetz que corresponde a un circuito de onda completa, éste es en la práctica el rectificador más utilizado. Se utilizarán los diodos comerciales MBR735, la principal razón de elección de este diodo es que soporta una corriente media directa de 7.5A y una tensión inversa de 35V. Por lo tanto, mediante este diodo se asegura el correcto funcionamiento de la aplicación. La tensión de caída de este tipo de diodo es de 0.2V.

Su funcionamiento se basa en la conducción de un par de diodos para cada semiciclo de la onda de entrada: el positivo y el negativo. Cuando la tensión es positiva, semiciclo positivo, trabajan los diodos D1 y D4 ya que están en directa y conducen, y cuando la tensión es negativa, semiciclo negativo, ocurre lo contrario, los diodos D2 y D3 están en directa y conducen, de esta manera se consigue un voltaje positivo en todo momento. Así se aprovecha toda la energía de la onda alterna que se recibe.

Este funcionamiento se muestra en las *ilustraciones 82 y 83*.

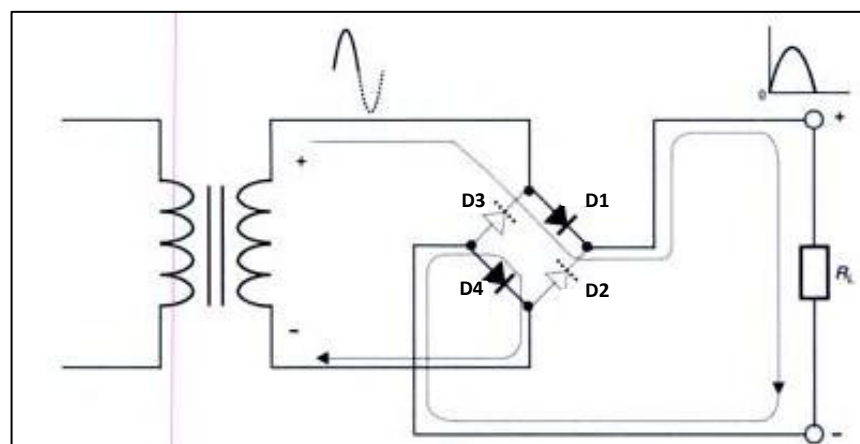
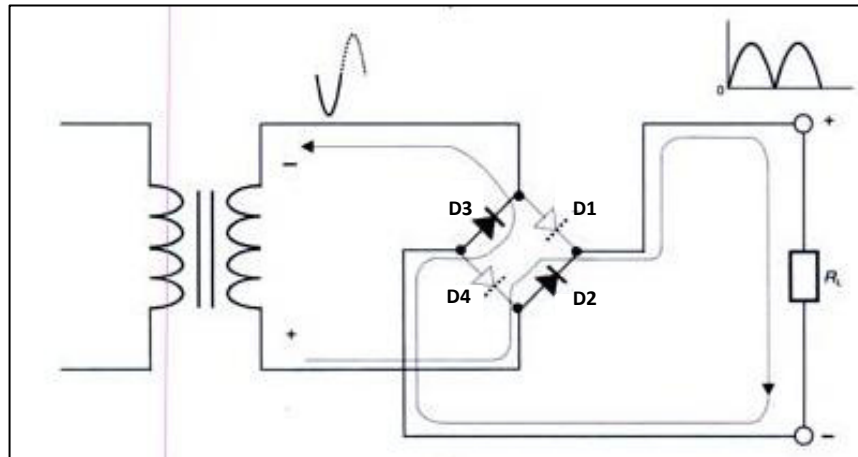


Ilustración 82. Semiciclo positivo, conducción D1 y D4



**Ilustración 83. Semiciclo negativo, conducción D2 y D3**

Como desde la salida del transformador hasta la entrada existen dos diodos en serie (tanto en el semiciclo positivo como en el negativo) más el diodo del filtro, se produce una caída total de  $3 \times 0.2V$ , estos  $0.6V$  no llegarán a la carga.

El valor de medio de tensión de salida del puente de Graetz es el siguiente:

$$V_m = \frac{2 \times V_p}{\pi}$$

Donde  $V_p$  es la tensión de pico equivalente a:

$$V_p = V_{RMS} \times (2)^{1/2}$$

Siendo  $V_{RMS}$  el valor eficaz, es decir, el valor de tensión de salida del transformador.

Y el valor medio de corriente de salida que es la corriente de la carga:

$$I_m = \frac{V_m}{R_L} = \frac{2 \times V_p}{\pi \times R_L}$$

Teniendo en cuenta que se precisa un alimentador con un valor de tensión de salida de  $24V$  ( $V_o$ ), para hacer la simulación se utilizará una carga de  $50\Omega$  y se fijará la tensión de rizado en  $2.2V$  ( $V_{r(pp)}$ ), de esta manera se calculará la tensión del secundario del transformador y en el siguiente apartado la capacidad del condensador del filtro.

En primer lugar se hallará la tensión pico de salida:

$$V_{O(p)} = V_o + 0.5V_{r(pp)} = 25.1V$$

Teniendo en cuenta la caída de los diodos se puede obtener el valor pico de la tensión de salida del transformador:

$$V_p = V_{O(p)} + 3 \times 0.2 = 25.7V$$

Y por consiguiente la tensión de salida del transformador será:

$$V_{RMS} = \frac{V_P}{2^{1/2}} = 18.17V$$

Por lo tanto se fijará la tensión de salida del transformador en 18V. No obstante, la salida del transformador utilizado será de 24V, ya que debido a las resistencias del transformador el valor del voltaje en la salida del secundario se verá compensado al valor que se ha calculado.

En la *ilustración 84* se muestran los valores de voltaje en los diodos de la simulación del circuito en LT Spice.

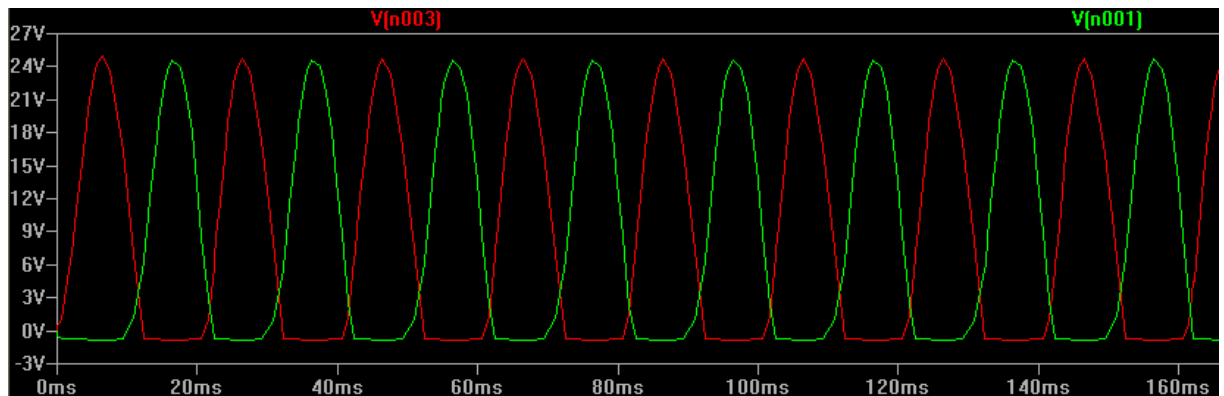


Ilustración 84. Valores de tensión en los diodos D1/D4 y D2/D3

Donde V(n003) en color rojo corresponde a la tensión cuando los diodos D1 y D4 conducen corriente, y V(n001) corresponde a la tensión de cuando los diodos D2 y D3 conducen.

En la *ilustración 85* se muestra la corriente tanto en el diodo D1 (la misma que en D4) en color rojo, como en el diodo D2 (la misma que en D3) color verde.



Ilustración 85. Corriente conducida por los diodos

Por lo tanto se consigue un voltaje positivo en todo momento pero con un rizado considerable no apto para su aplicación.

En la *ilustración 86* se muestra la tensión a la entrada del filtro (color verde) y la corriente que pasa por el diodo del filtro (color azul).

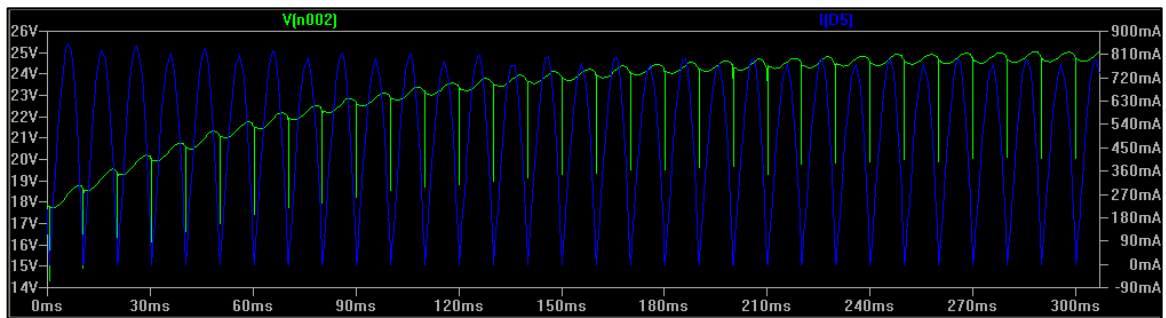


Ilustración 86. Valores de tensión y corriente a la entrada del filtro

### ✓ Filtro

Para lograr aproximar la tensión obtenida a una tensión continua plana ideal se llevará a cabo un filtrado. El filtro estará formado por un diodo y un condensador. El condensador se colocará en paralelo a la carga. El diodo conducirá solamente en directa, y esa será su principal función, conducir corriente solamente en una dirección. Por otro lado el condensador debido a su capacidad de almacenar carga eléctrica y tardar un tiempo en descargarse, hace que se llenen los huecos que presenta la onda. Por lo tanto, cuando el pulso es positivo el diodo conduce y el condensador recibe corriente y se carga hasta la tensión de pico  $V_p$ . Cuando aparece el hueco de la onda, el diodo no conduce, y la tensión almacenada se aplica sobre la carga. El proceso de carga del condensador se muestra en la *ilustración 87*.

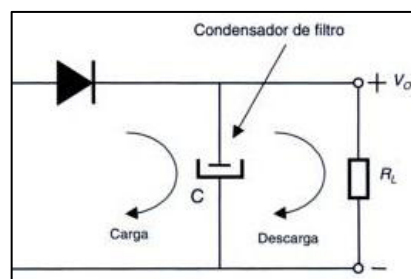


Ilustración 87. Filtro a la salida

Una de las fórmulas prácticas más utilizadas para calcular el valor de la capacidad del condensador para un cierto valor de tensión de rizado y de corriente de salida es la siguiente:

$$C_{(F)} = \frac{I_o}{V_{r(pp)} \times f}$$

Donde  $I_o$  es la corriente de salida en A,  $f$  la frecuencia de la onda pulsatoria (100 en el caso del rectificador de onda completa) y  $V_{r(pp)}$  la tensión de rizado.

Por lo tanto, el valor del condensador en microfaradios será:

$$C_{\mu F} = 10^4 x \frac{I_o}{V_{r(pp)}}$$

Teniendo en cuenta la información definida en el apartado del rectificador, el valor de la capacidad del condensador será el siguiente:

$$C_{\mu F} = 22700\mu F$$

Se utilizará un condensador comercial electrolítico de 22000 $\mu$ F y el diodo comercial MBR735.

A continuación, en la *ilustración 88*, se muestran los valores de tensión en la carga y el valor de la corriente que pasa de la misma, como se puede apreciar la tensión se estabiliza en 24V y la corriente tiene un valor de aproximadamente 500 mA pero teniendo en cuenta que la resistencia equivalente del circuito real es casi 10 veces menor que la de la simulación, obtendríamos una corriente de 5A. Lo cual se puede deducir también de la ley de Ohm. Como se puede observar, se tardan 0.2 segundos para lograr los valores que hacen funcionar al motor.

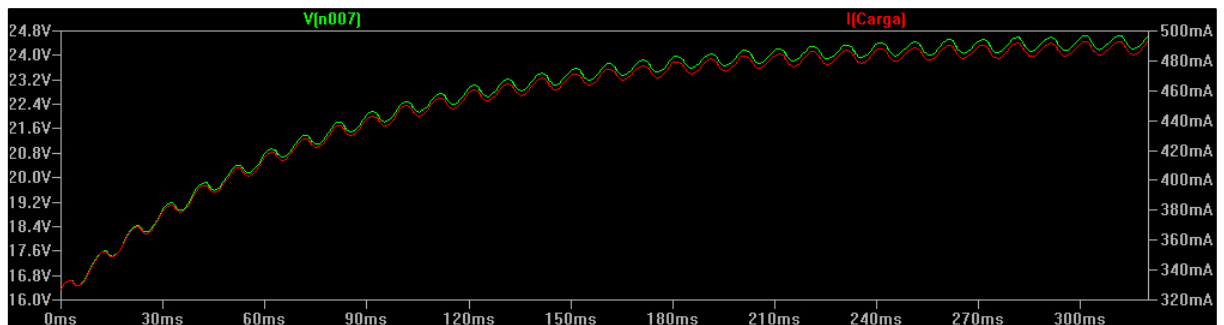


Ilustración 88. Valores de tensión y corriente en la carga

### ✓ Regulador de tensión

A pesar de haber utilizado el filtro mejorando así la señal obtenida, se utilizará un regulador de tensión para mejorarla, concretamente el modelo LM138 de Texas Instruments. Teniendo en cuenta sus características eléctricas y tolerancias obtenidas por el Datasheet del fabricante, este regulador de tensión es adecuado para esta aplicación. Es válido para una corriente de 5A y una tensión de hasta 35V.

Tiene tres terminales, uno el de la tensión de entrada, otro el de salida y finalmente una conexión a tierra, esto se puede observar en la *ilustración 89*.

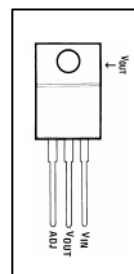


Ilustración 89. LM138 5A

El circuito eléctrico que sirve para la rectificación de la salida del transformador se montará en un circuito impreso con el fin de que sea más compacto y ocupe el menor espacio posible.

Una vez comprobado que el circuito eléctrico diseñado para pasar la tensión de la red a 24V funciona en la simulación, posteriormente habría que comprobarlo en el prototipo y hacer cambios si no se obtuviesen los resultados deseados o esperados. Ya que aunque la simulación ofrezca unos resultados que reflejan la realidad siempre hay que comprobarlo en la aplicación real.

### ✓ Control de CC

Con el fin de proteger el convertidor CA/CC y para instalar el pulsador único, se utilizará un armario eléctrico. Teniendo en cuenta que la largura del cable de conexión del motor es de 4 m, este cajón deberá ser instalado a una distancia máxima de aproximadamente 3 m. En la *ilustración 90* se muestra un ejemplo de armario eléctrico.

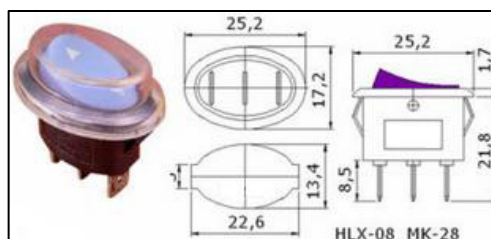


**Ilustración 90. Armario eléctrico**

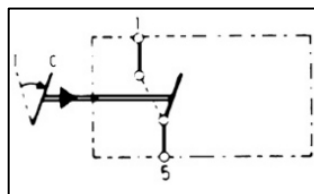
Las dimensiones de este armario serán de 350x200x100. Tendrá un orificio en la base para la entrada de los terminales del motor y de la red eléctrica y además otro más en la parte central para la instalación del pulsador.

El pulsador único que se utilizará será un pulsador de 24V con 3 terminales, una para el circuito de recogida, otra para el de extensión y una última para su conexión a la alimentación de 24V. El pulsador tendrá dos posiciones, una de recogida y otra de extensión ya que mediante el final de carrera el motor (explicaciones en **ANEXO B**) se parará automáticamente.

En las *ilustraciones 91 y 92* se muestra el pulsador seleccionado, pero puede ser utilizado cualquier pulsador de 24V del tipo que se muestra o con retorno al centro.



**Ilustración 91. Pulsador único**



**Ilustración 92. Esquema del pulsador único**

La conexión eléctrica completa tanto de la fuente de alimentación como del pulsador y sus conexiones al motor tubular se muestran en la *ilustración 79*.

## ANEXO B

### *Información para el usuario del motor tubular L120/3GHK*

En este anexo aparece toda la información necesaria para la instalación inicial del motor tubular como para el accionamiento en caso de fallo de suministro eléctrico. Esta información ha sido obtenida del documento de montaje y servicio del motor tubular facilitado por el fabricante Becker.

#### ▪ Ajuste de las posiciones finales

Para llevar a cabo este ajuste es necesario utilizar el dispositivo de ajuste.

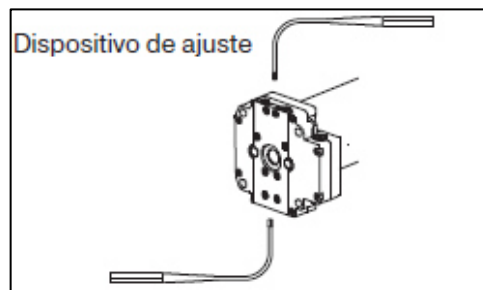


Ilustración 93. Dispositivo de ajuste

Ajustes a realizar:

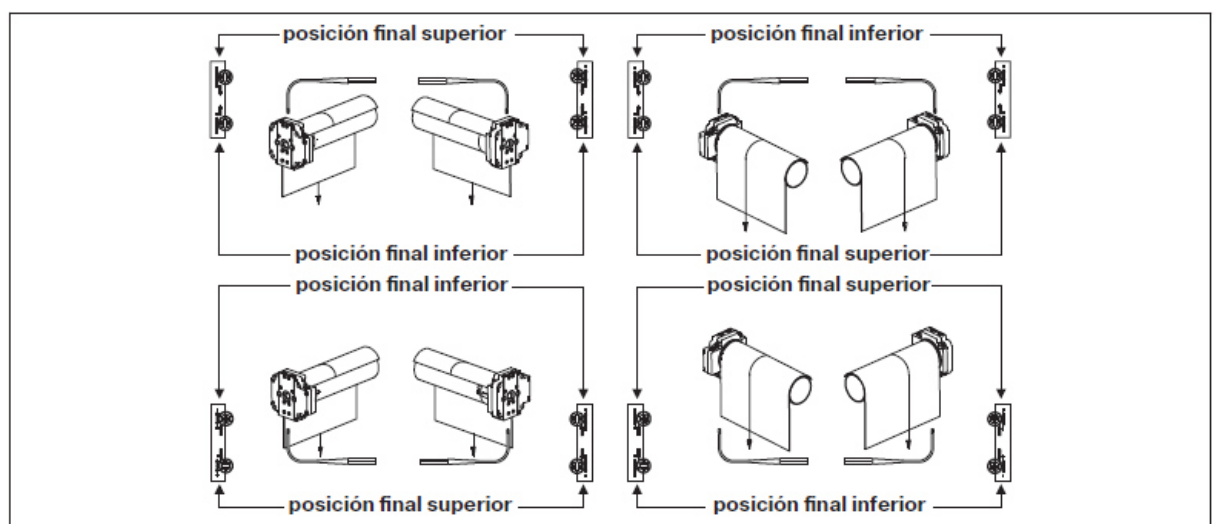


Ilustración 94. Ajustes a realizar



*Ajuste de la posición final inferior*

1. Antes de unir la parte accionada con el eje enrollador, hay que girar el automatismo en dirección “bajar” hasta que éste se desconecte automáticamente.
2. Hay que posicionar el eje enrollador mediante el reajuste de la posición final inferior de modo que la parte accionada se pueda fijar con facilidad en el eje enrollador.

*Ajuste de la posición final superior*

1. Hay que accionar el interruptor en dirección de subida. El automatismo enrollará la parte accionada. Se debe ampliar o reducir el margen de desplazamiento girando el correspondiente tornillo de ajuste.
2. A modo de *control final*, hay que desplazar la parte accionada una última vez en ambas direcciones hasta la posición final.

▪ **Empleo de la manivela**


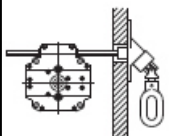
|  |   |
|--|---|
|  <p>Para ejes hexagonales 7 mm y ejes cuadrados 8 mm</p> | <p>El empleo de la manivela debe reservarse exclusivamente para el caso de falta de corriente. Asegúrese de que no se sobrepasen las posiciones finales.</p>  |
|   | <p><b>Manivela para forma constructiva cerrada</b><br/>La manivela para forma constructiva cerrada puede emplearse para persianas y puertas de rodillos, en ambos casos con o sin sistema de rodadura. Para ello, el vástago poligonal se fija en la caja de persiana. Téngase cuenta al respecto que el vástago se monta en paralelo a la guía de la carcasa de la manivela.</p> |

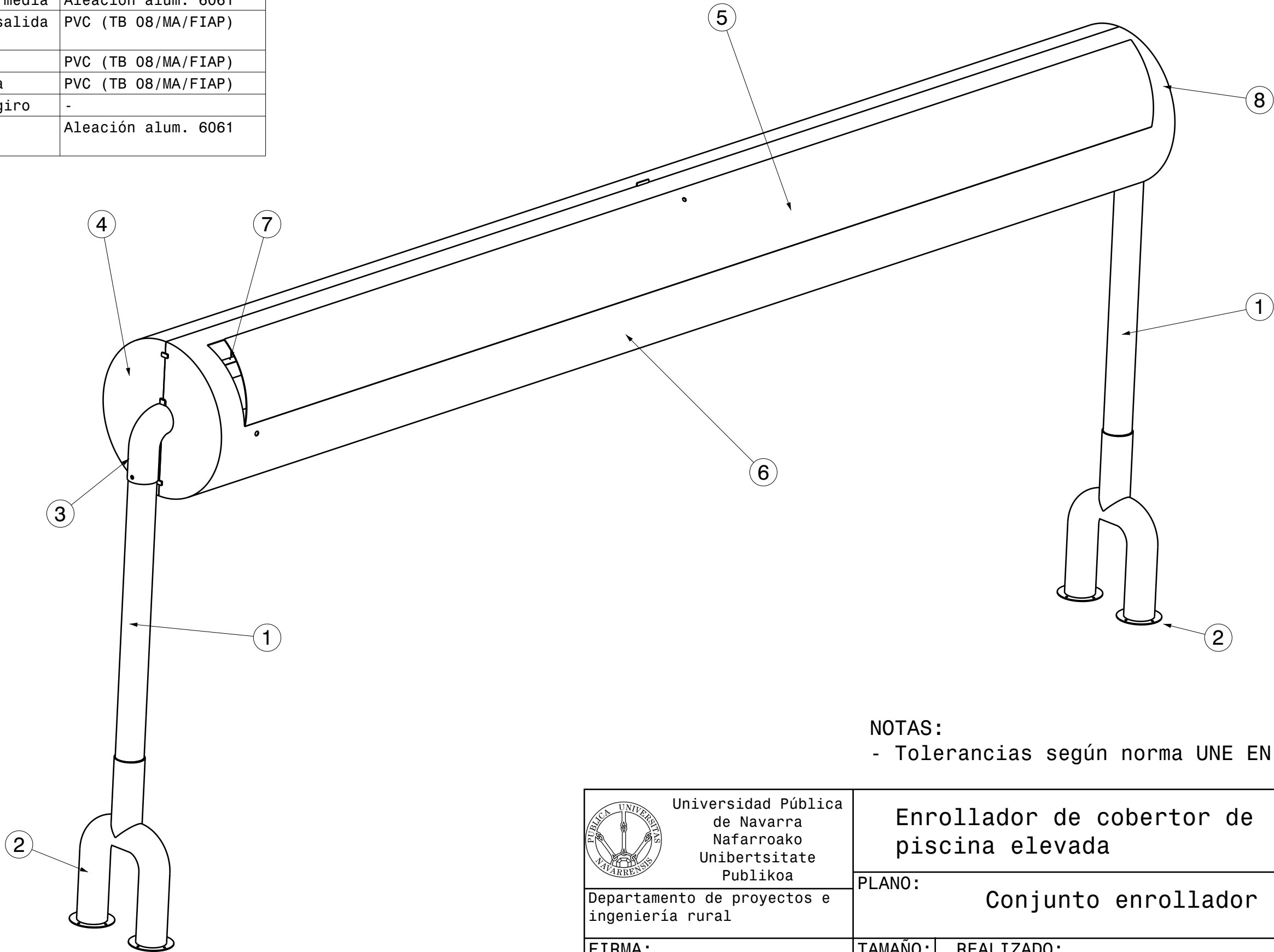
Ilustración 95. Empleo de la manivela

## ANEXO C

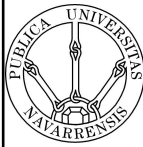
*Planos del enrollador del cobertor*

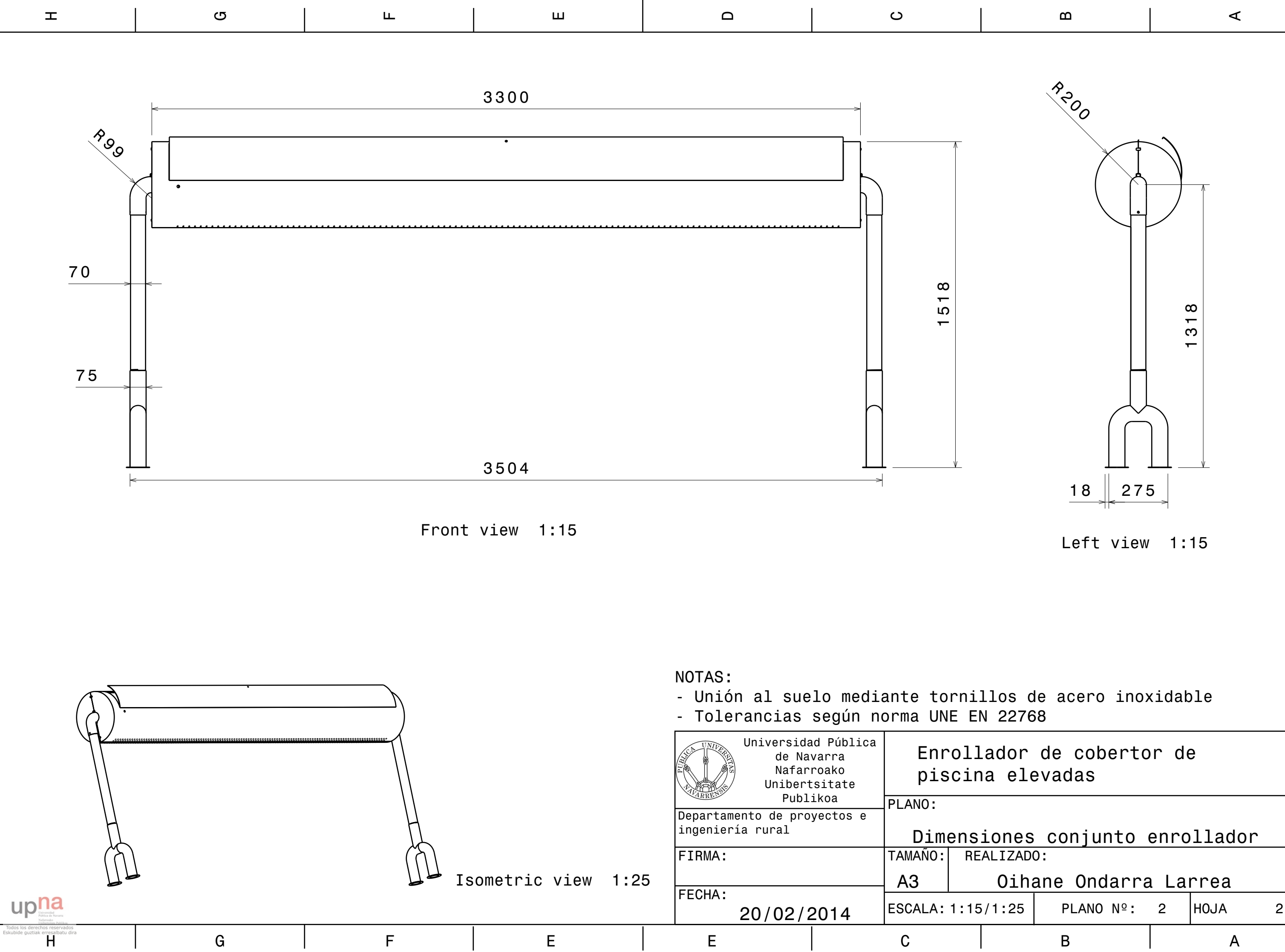
| Nº PLANO | PLANO   | TAMAÑO<br>HOJA | Nº HOJA |
|----------|---|----------------|---------|
| 1        | Enrollador de cobertor de piscinas elevadas               | A3             | 1       |
| 2        | Enrollador de cobertor de piscinas elevadas (dimensiones) | A3             | 2       |
| 3        | Conjunto mecanismo de giro                                | A3             | 3       |
| 4        | Soporte del motor tubular                                 | A4             | 4       |
| 5        | Soporte de los rodamientos (contrasoporte)                | A4             | 5       |
| 6        | Motor tubular   | A4             | 6       |
| 7        | Rodamientos y su alojamiento                              | A4             | 7       |
| 8        | Rueda motriz  | A4             | 8       |
| 9        | Corona  | A4             | 9       |
| 10       | Eje acanalado   | A4             | 10      |
| 11       | Conjunto carcasa  | A3             | 11      |
| 12       | Carcasa lado de la tapa                                   | A3             | 12      |
| 13       | Carcasa lado de entrada del cobertor                      | A3             | 13      |
| 14       | Conjunto apoyos   | A3             | 14      |
| 15       | Apoyo principal   | A4             | 15      |
| 16       | Barra intermedia  | A4             | 16      |
| 17       | Unión barra intermedia-motor                              | A4             | 17      |
| 18       | Unión barra intermedia-rodamientos                        | A4             | 18      |
| 19       | Accesorios de limpieza                                    | A3             | 19      |

| POS. | COMPONENTE/CONJUNTO                       | MATERIAL               |
|------|---|------------------------|
| 1    | Barra intermedia                          | Aleación aluminio 6061 |
| 2    | Apoyo principal                           | Acero inox. 316        |
| 3    | Unión motor-barra intermedia              | Aleación alum. 6061    |
| 4    | Media carcasa lado de salida del cobertor | PVC (TB 08/MA/FIAP)    |
| 5    | Tapa de carcasa                           | PVC (TB 08/MA/FIAP)    |
| 6    | Media carcasa lado tapa                   | PVC (TB 08/MA/FIAP)    |
| 7    | Conjunto mecanismo de giro                | -                      |
| 8    | Unión rodamiento-barra intermedia         | Aleación alum. 6061    |



NOTAS:  
- Tolerancias según norma UNE EN 22768

|   |   |                                  |        |
|---|---|----------------------------------|--------|
|  <div>Universidad Pública de Navarra<br/>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div> | Enrollador de cobertor de piscina elevada |                                  |        |
|   | PLANO: Conjunto enrollador                |                                  |        |
| FIRMA:  | TAMAÑO: A3                                | REALIZADO: Oihane Ondarra Larrea |        |
| FECHA: 20/02/2014   | ESCALA: 1:10                              | PLANO Nº: 1                      | HOJA 1 |




Front view 1:15

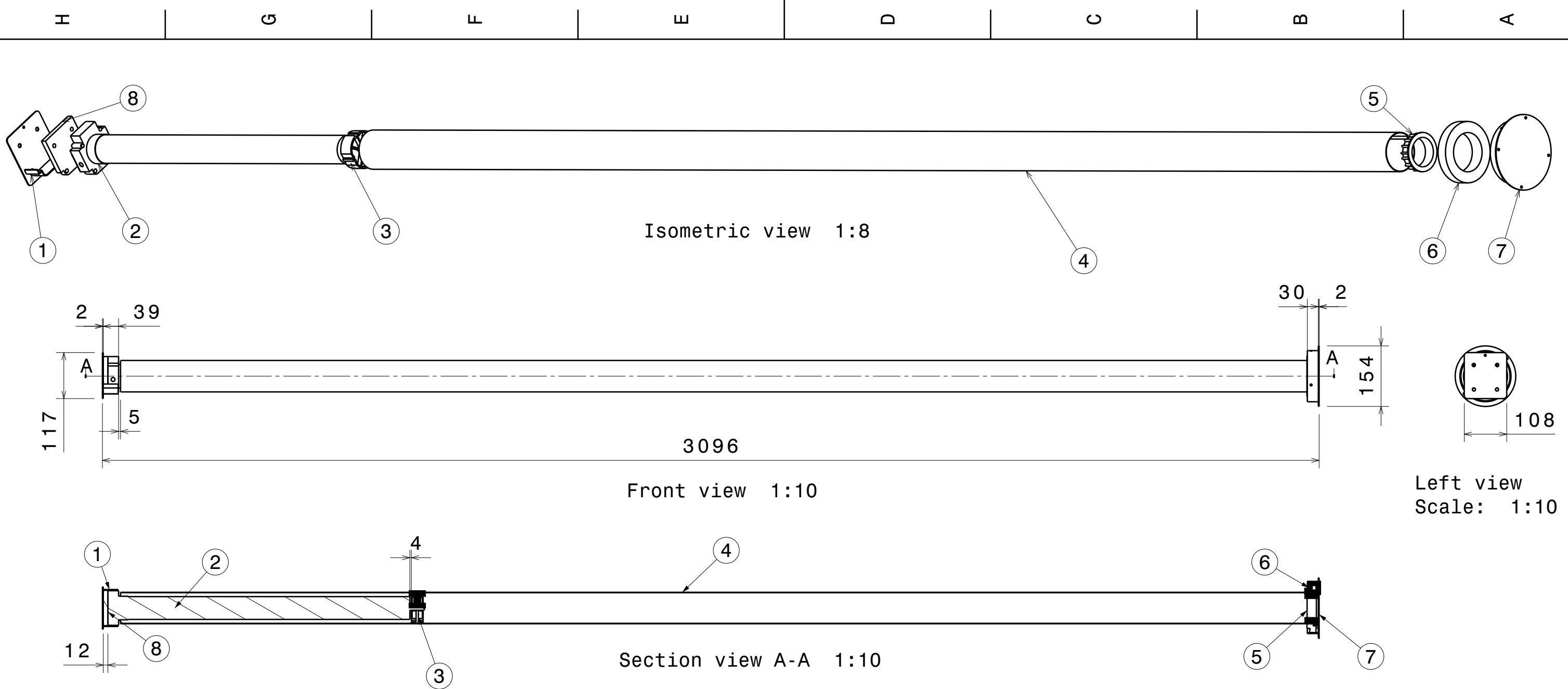
Left view 1:15

Isometric view 1:25

NOTAS:

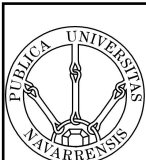
- Unión al suelo mediante tornillos de acero inoxidable
- Tolerancias según norma UNE EN 22768

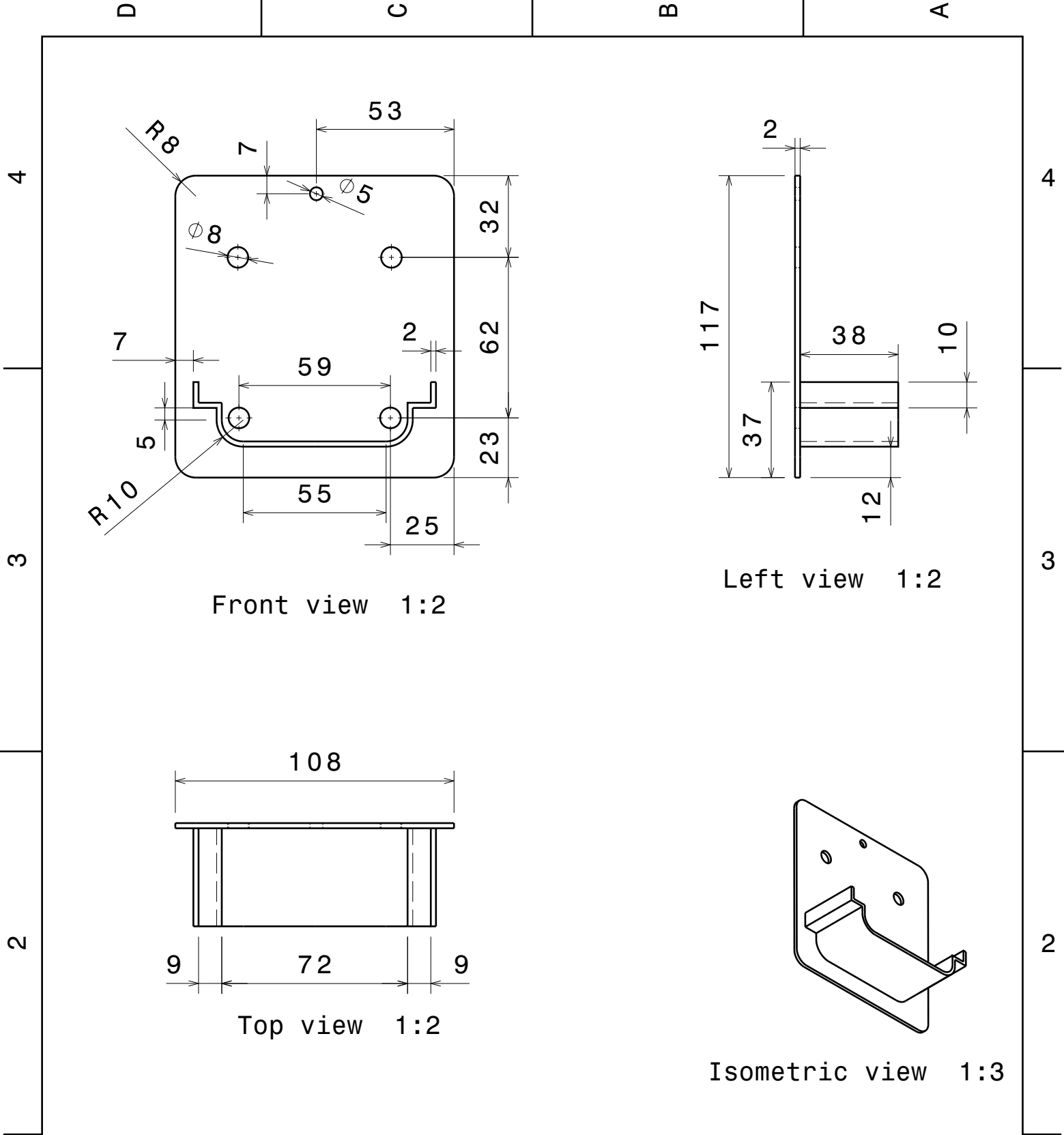
|   |   |                       |             |
|---|---|-----------------------|-------------|
|  <div>Universidad Pública<br/>de Navarra<br/>Nafarroako<br/>Unibertsitate<br/>Publikoa</div> | Enrollador de cobertor de<br>piscina elevadas |                       |             |
|   | PLANO:  |                       |             |
| Departamento de proyectos e<br>ingeniería rural   | Dimensiones conjunto enrollador               |                       |             |
| FIRMA:  | TAMAÑO:                                       | REALIZADO:            |             |
|   | A3  | Oihane Ondarra Larrea |             |
| FECHA:  | ESCALA: 1:15/1:25                             |                       | PLANO Nº: 2 |
| 20/02/2014  |   |                       | HOJA 2      |



- NOTAS:
- Unión entre 1, 8, 2 y la unión apoyo intermedio-motor mediante tornillo M10x1.5
  - Unión entre 7 y la unión apoyo intermedio-rodamiento mediante tornillo M6x1
  - Unión entre 3-4 y 5-4 mediante tornillo M6x12
  - La placa antivibratoria ha de cortarse en base a las dimensiones del motor tubular
  - Tolerancias según norma UNE EN 22768

| POS. | COMPONENTE                     | MATERIAL           |
|------|--------------------------------|--------------------|
| 1    | Soporte motor                  | Aluminio-zinc 7075 |
| 2    | Motor tubular                  | Elem. comercial    |
| 3    | Rueda motriz                   | Elem. comercial    |
| 4    | Eje enrollador                 | Aluminio 1200 H14  |
| 5    | Corona                         | Elem. comercial    |
| 6    | Rodamientos                    | Elem. comercial    |
| 7    | Contrasoporte para rodamientos | Aluminio-zinc 7075 |
| 8    | Placa antivibratoria           | Elem. comercial    |

|   |  |                       |           |
|---|--|-----------------------|-----------|
|  <div>Universidad Pública<br/>de Navarra<br/>Nafarroako<br/>Unibertsitate<br/>Publikoa</div> | Enrollador de cobertor de<br>piscina elevada |                       |           |
|   | PLANO:                                       |                       |           |
| Departamento de proyectos e<br>ingeniería rural   | Conjunto mecanismo de giro                   |                       |           |
| FIRMA:  | TAMAÑO:                                      | REALIZADO:            |           |
|   | A3   | Oihane Ondarra Larrea |           |
| FECHA:  | ESCALA:                                      |                       | PLANO N°: |
| 20/02/2014  | 1:10 - 1:8                                   |                       | 3         |
|   |  |                       | HOJA 3    |



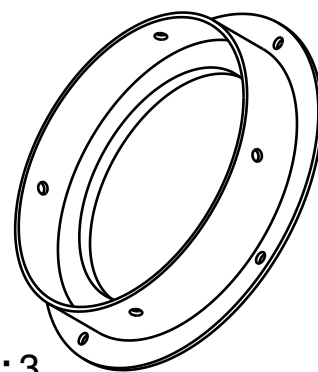
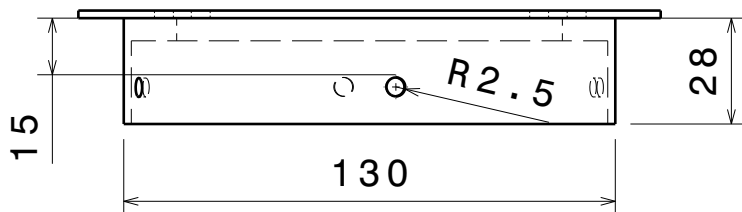
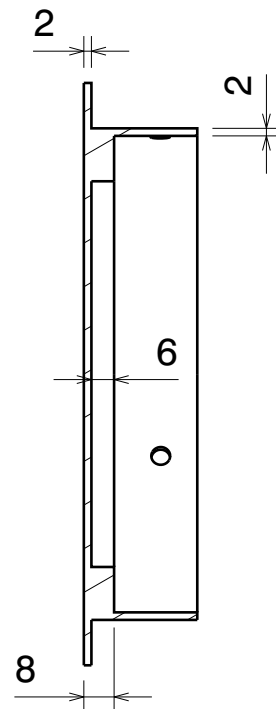
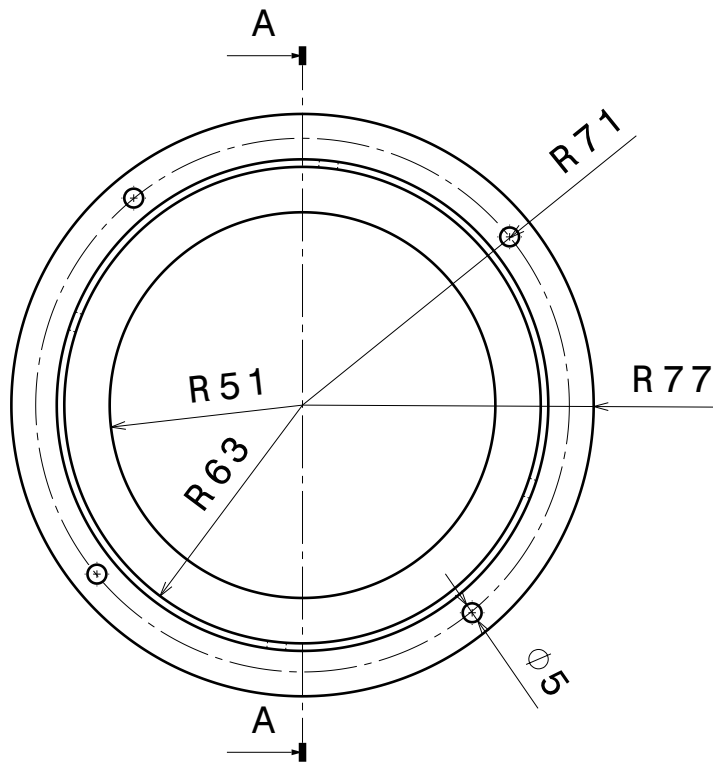
|  |  |  |                                    |             |
|--|--|--|------------------------------------|-------------|
| Material: Aluminio-zinc 7075<br>Tratamiento: Anodizado<br>Tolerancia: UNE EN 22768   |  | <b>Enrollador de covertor de piscinas elevadas</b> |                                    |             |
| <div>  <div> Universidad Pública de Navarra<br/> Nafarroako Unibertsitate Publikoa </div> </div> | <b>PLANO</b>                                 |  | <b>Soporte del motor tubular</b>   |             |
|  | Departamento de proyectos e ingeniería rural |  | FECHA<br>20/02/2014                |             |
|  | FIRMA<br>upna                                |  | REALIZADO<br>Oihane Ondarra Larrea |             |
| TAMAÑO A4  |  | E: 1:2/1:3   |                                    | PLANO Nº: 4 |
| HOJA 4   |  |  |                                    |             |

D

C

B

A



Material: Aluminio-zinc 7075  
Tratamiento: Anodizado  
Tolerancia: UNE EN 22768

## Enrollador de covertor de piscinas elevadas



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate  
Publikoa

PLANO

Soporte de los rodamientos

Departamento de proyectos  
e ingeniería rural

FECHA

REALIZADO

20/02/2014

Oihane Ondarra Larrea

FIRMA  
upna

TAMAÑO A4

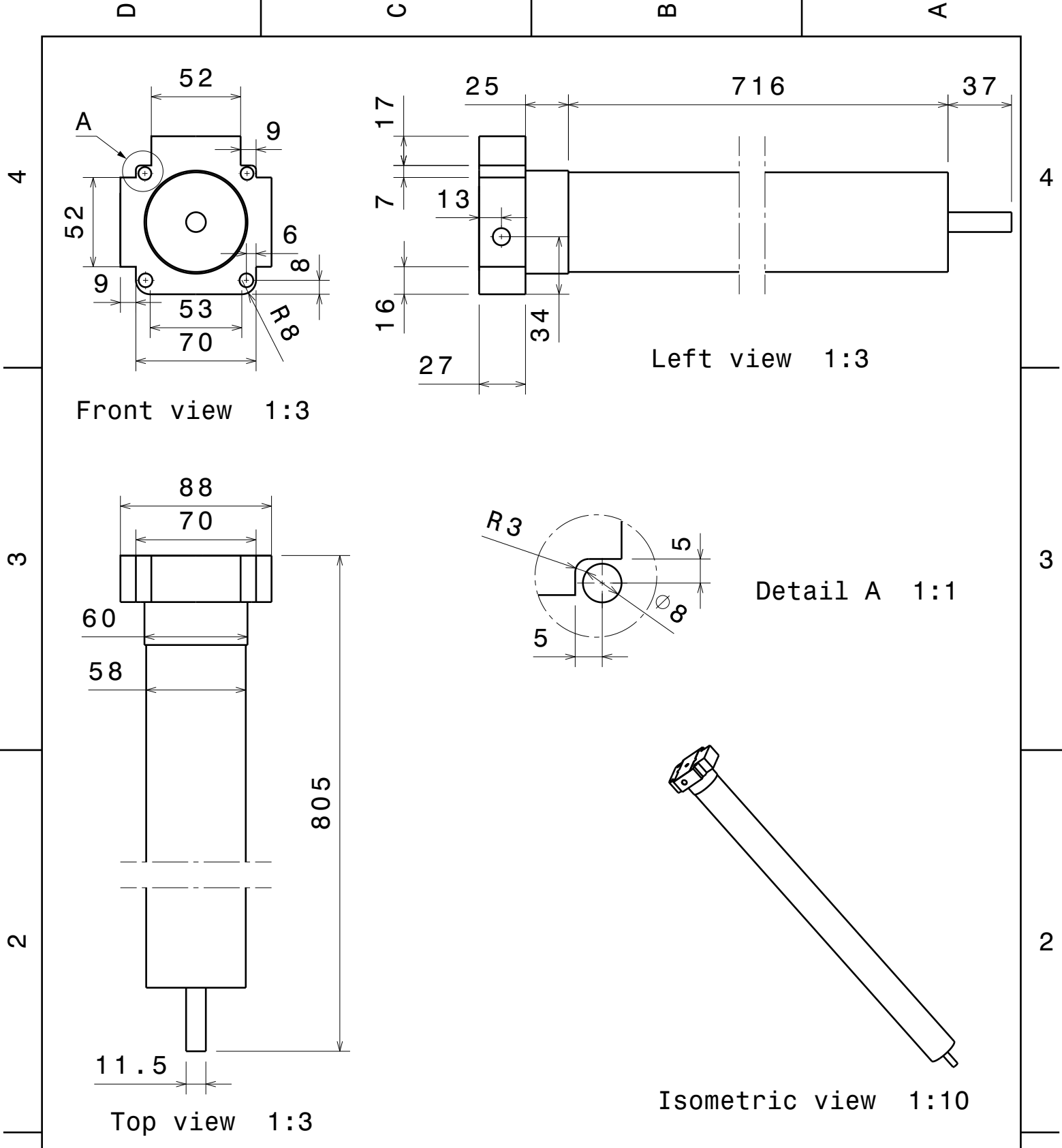
E: 1:2/1:3



PLANO Nº: 5

HOJA 5

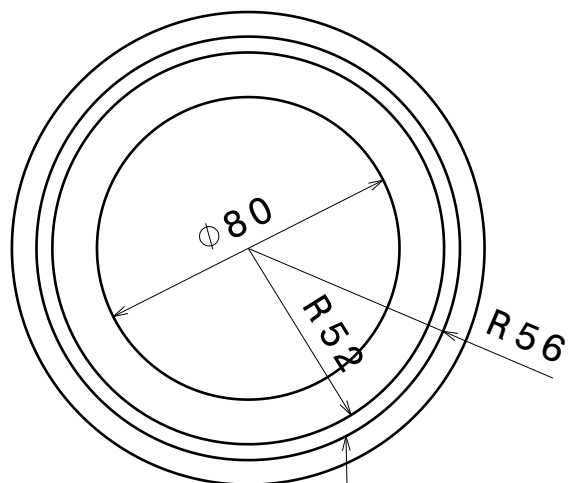
D

A



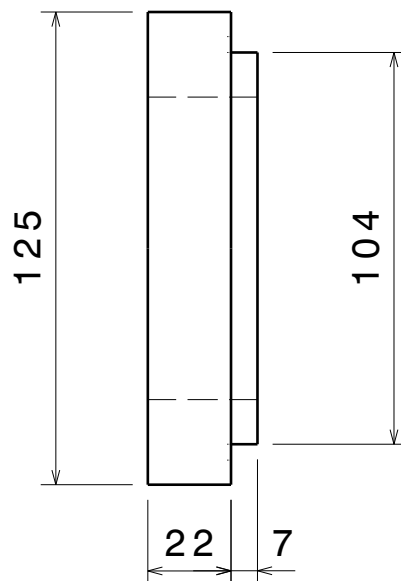
|  |   |                                    |             |        |
|--|---|------------------------------------|-------------|--------|
| Elemento comercial   | Enrollador de covertedor de piscinas elevadas |                                    |             |        |
|  Universidad Pública de Navarra<br>Nafarroako Unibertsitate Publikoa | PLANO<br>Motor tubular Becker                 |                                    |             |        |
| Departamento de proyectos e ingeniería rural   | FECHA<br>20/02/2014                           | REALIZADO<br>Oihane Ondarra Larrea |             |        |
| FIRMA<br>  | TAMAÑO A4                                     | E:1/1:3/1:10                       | PLANO Nº: 6 | HOJA 6 |



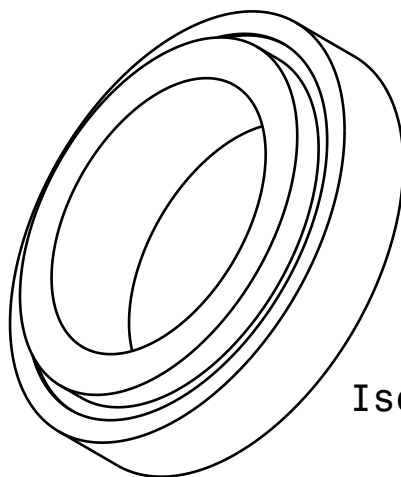


Alojamiento de  
los rodamientos

Front view 1:2



Left view 1:2



Isometric view 1:2

Elemento comercial

Enrollador de colector de  
piscinas elevadas



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate  
Publikoa

PLANO

Rodamientos y su alojamiento

Departamento de proyectos  
e ingeniería rural

FECHA

REALIZADO

20/02/2014

Oihane Ondarra Larrea

FIRMA  
upna

TAMAÑO A4

E: 1:2

PLANO Nº: 7

HOJA 7

D C B A

4

3

2

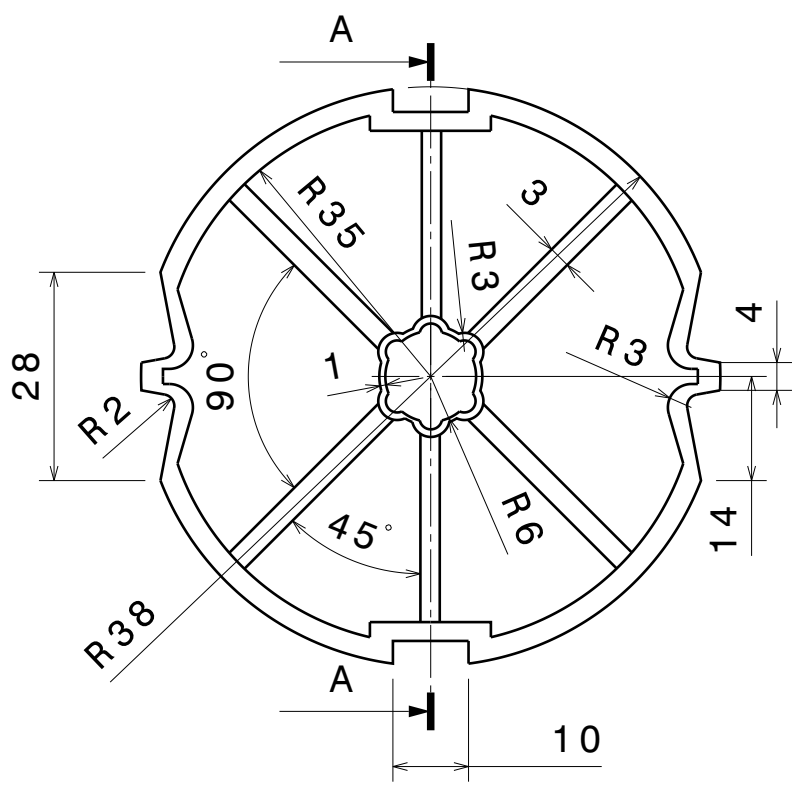
1

4

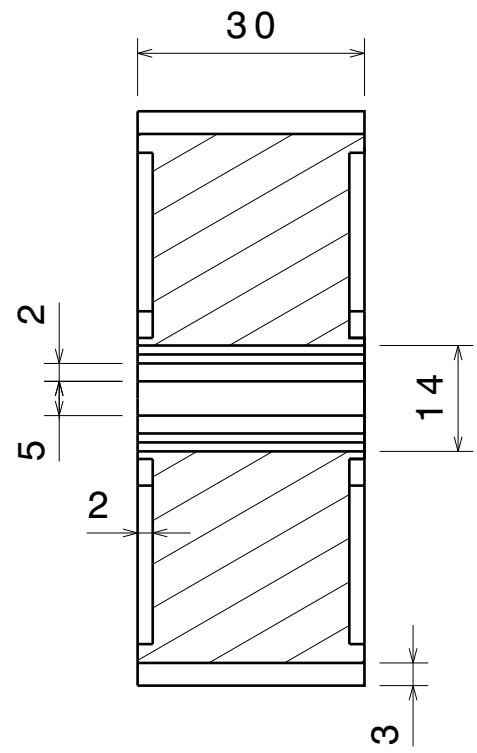
3

2

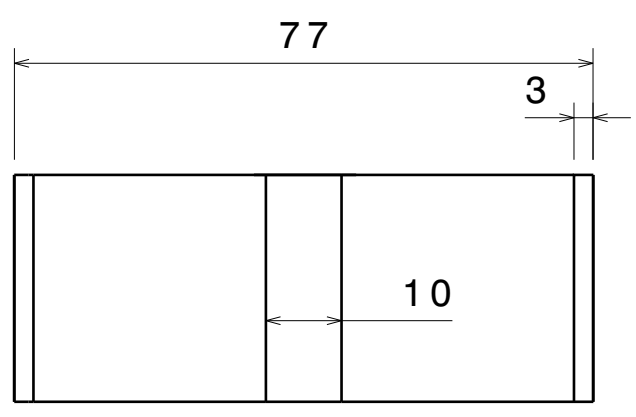
1



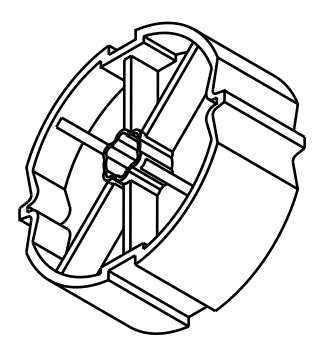
Front view 1:1



Section view A-A 1:1



Top view 1:1



Isometric view 1:2

|  |  |   |                       |             |        |
|--|--|---|-----------------------|-------------|--------|
| Elemento comercial   |  | Enrollador de covertor de piscinas elevadas |                       |             |        |
|  Universidad Pública de Navarra<br>Nafarroako Unibertsitate Publikoa |  | PLANO                                       |                       |             |        |
| Departamento de proyectos e ingeniería rural   |  | Rueda motriz                                |                       |             |        |
| FIRMA    |  | FECHA                                       | REALIZADO             |             |        |
|  |  | 20/02/2014                                  | Oihane Ondarra Larrea |             |        |
|  |  | TAMAÑO A4                                   | E: 1:1/1:2            | PLANO Nº: 8 | HOJA 8 |

D

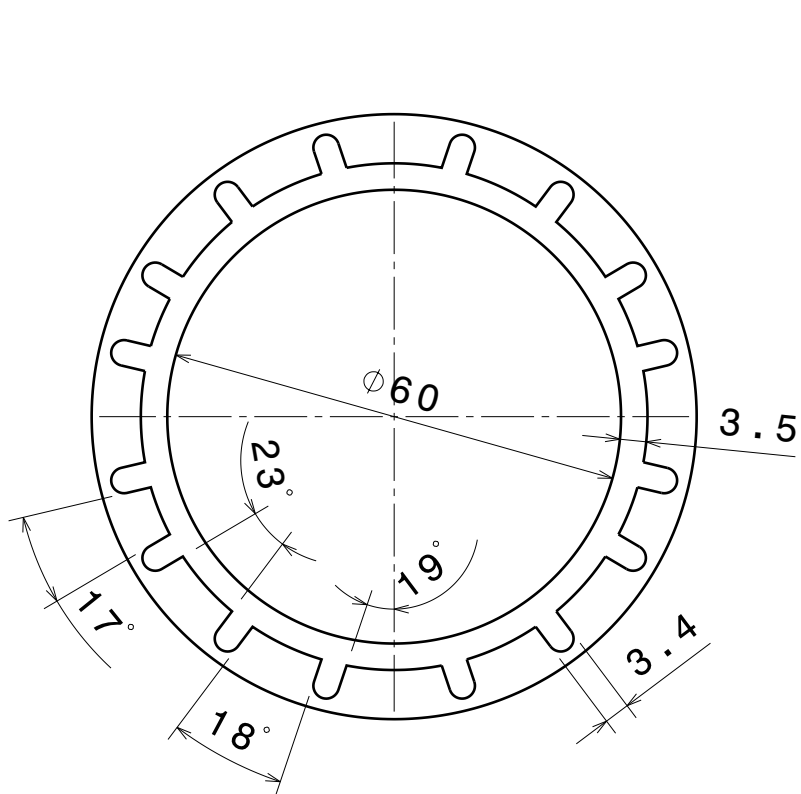
A

D

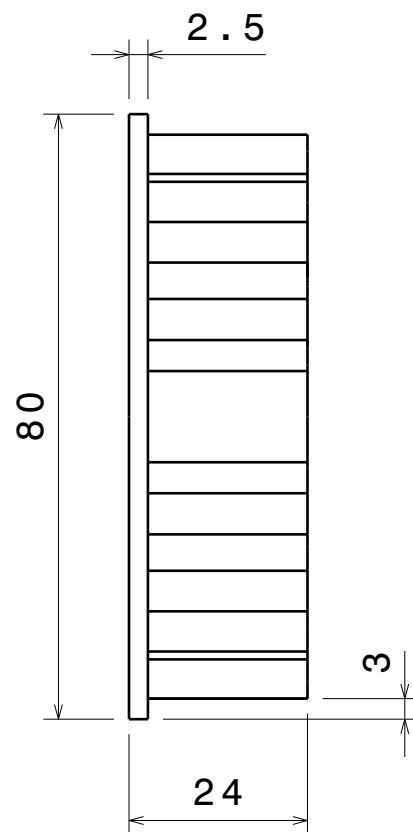
C

B

A



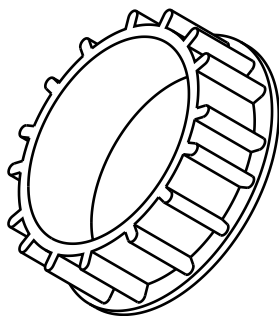
Front view 1:1



Left view 1:1

## NOTAS:

- La corona dispone de una pestaña con el fin de poner el acanalamiento



Isometric view 1:2

Elemento comercial

# Enrollador de covertedor de piscinas elevadas



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate  
Publikoa

PLANO

Corona

Departamento de proyectos  
e ingeniería rural

FECHA

20/02/2014

REALIZADO

Oihane Ondarra Larrea

FIRMA  
upna

TAMAÑO A4

E: 1:1/1:2

PLANO Nº: 9

HOJA 9

Todos los derechos reservados  
Eskubide guztiak erresalbatu dira

D

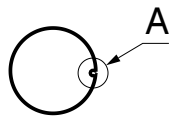
A

D

C

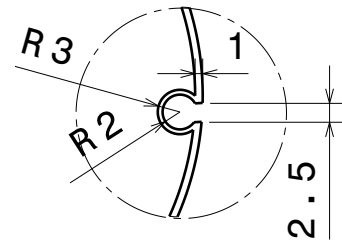
B

A



Bottom view 1:7

Detail A 1:1



3040

 $\phi 80$ Front view  
1:7

Isometric view 1:15

Material: Aluminio 1200 H14  
Tratamiento: Anodizado  
Tolerancia: UNE EN 22768

Enrollador de colector de  
piscinas elevadas



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate  
Publikoa

PLANO

Eje enrollador acanalado

Departamento de proyectos  
e ingeniería rural

FECHA

REALIZADO

20/02/2014

Oihane Ondarra Larrea

FIRMA  
upna

TAMAÑO A4

E:1/1:7/1:15

PLANO Nº: 10

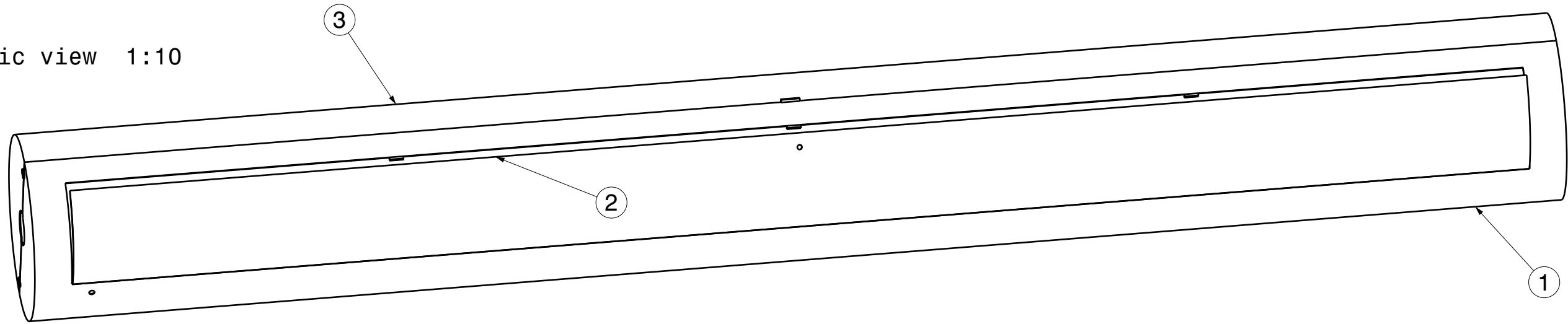
HOJA 10

Todos los derechos reservados  
Eskubide guztiak erresalbatu dira

D

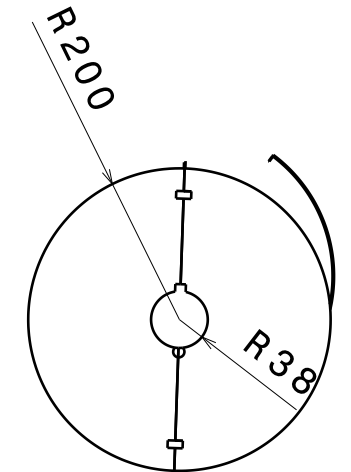
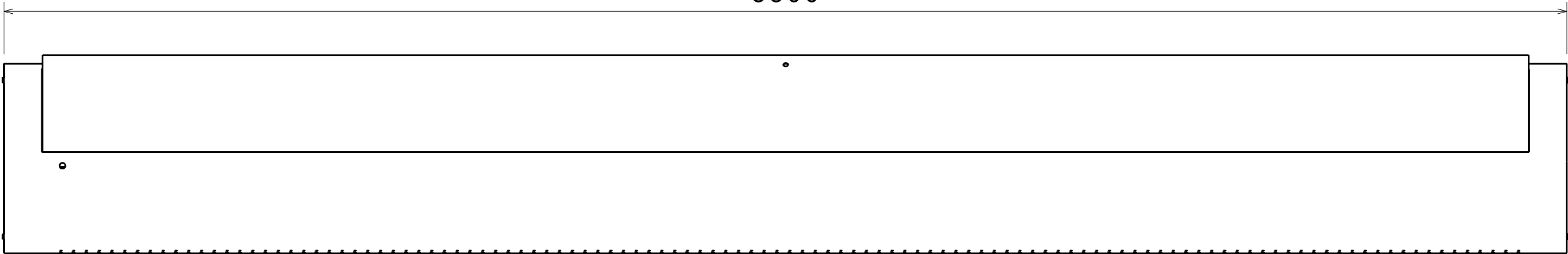
A

Isometric view 1:10



3300

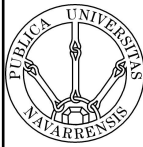
Front view 1:10

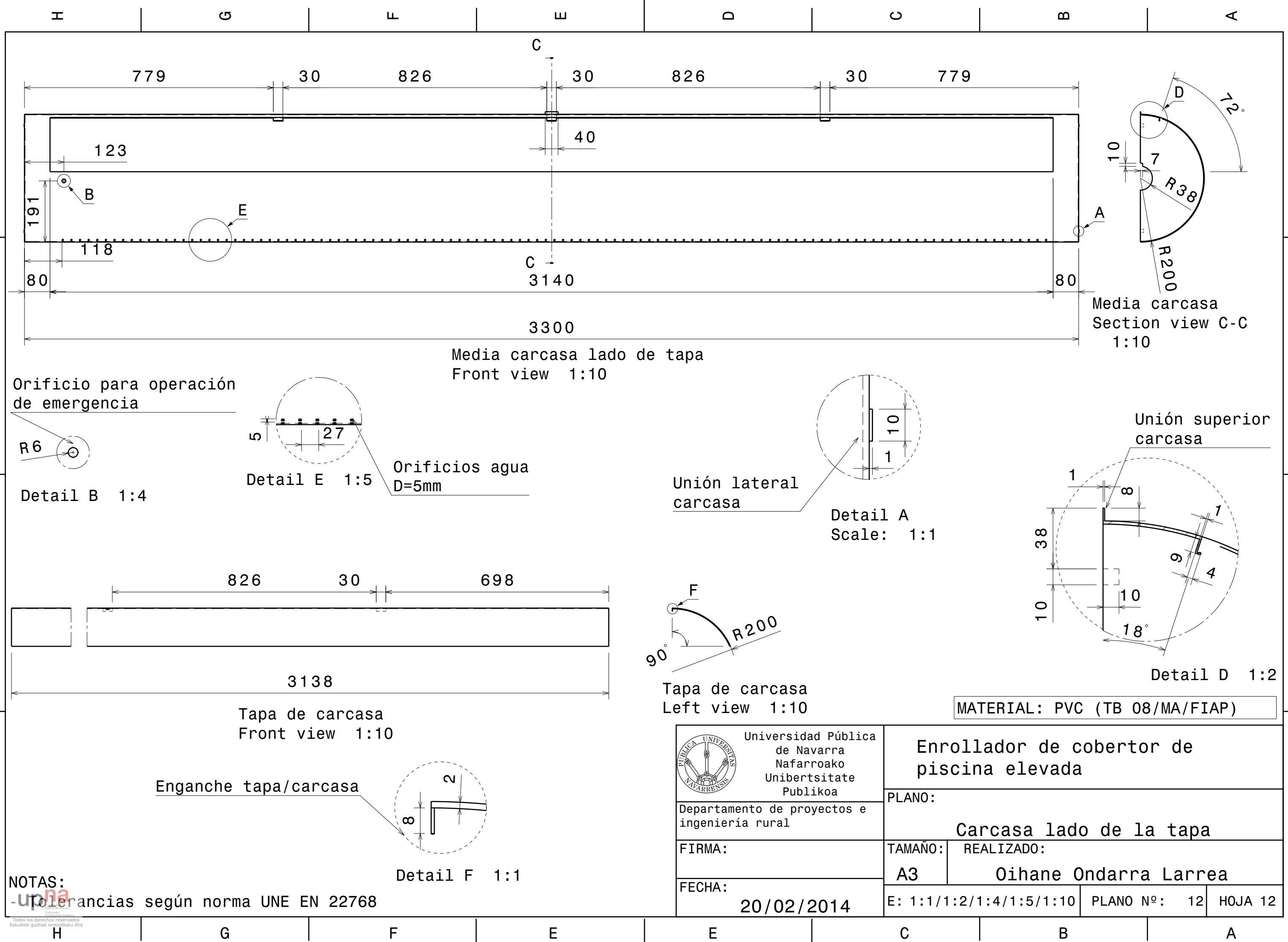


Left view 1:10


- NOTAS:
- Unión entre la tapa y carcasa mediante bisagras
  - Unión de las dos carcassas utilizando los puntos de unión que se mostrarán en los planos de cada carcasa
  - Tolerancias según norma UNE EN 22768

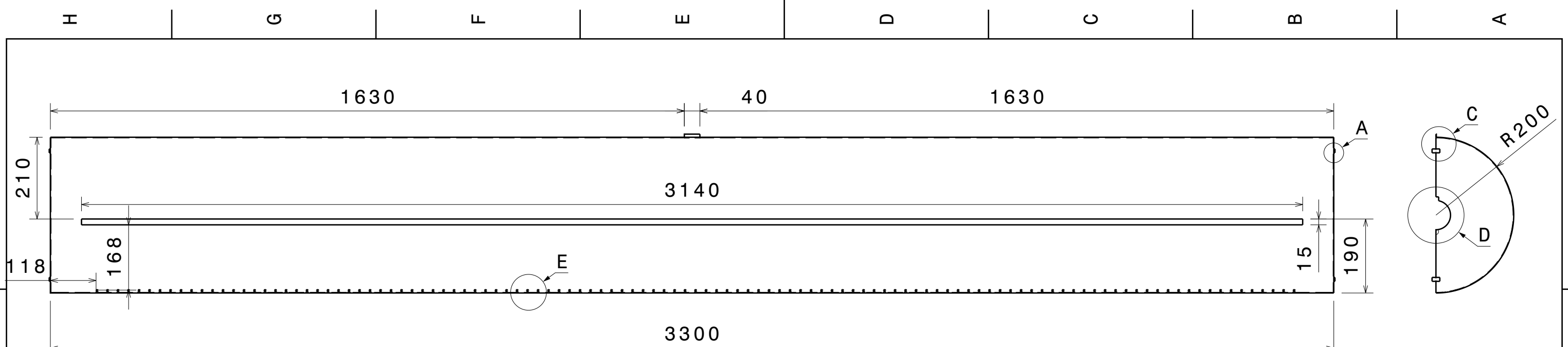
| POS. | COMPONENTE                      | MATERIAL            |
|------|---------------------------------|---------------------|
| 1    | Lado de carcasa de la tapa      | PVC (TB 08/MA/FIAP) |
| 2    | Tapa de la carcasa              | PVC (TB 08/MA/FIAP) |
| 3    | Lado de la entrada del cobertor | PVC (TB 08/MA/FIAP) |

|   |  |                                     |         |
|---|--|-------------------------------------|---------|
|  <div>Universidad Pública<br/>de Navarra<br/>Nafarroako<br/>Unibertsitate<br/>Publikoa</div> | Enrollador de cobertor de<br>piscina elevada |                                     |         |
|   | PLANO:                                       |                                     |         |
| Departamento de proyectos e<br>ingeniería rural   | Conjunto carcasa                             |                                     |         |
| FIRMA:  | TAMAÑO:<br>A3                                | REALIZADO:<br>Oihane Ondarra Larrea |         |
| FECHA:<br>20/02/2014  | ESCALA: 1:10                                 | PLANO Nº: 11                        | HOJA 11 |



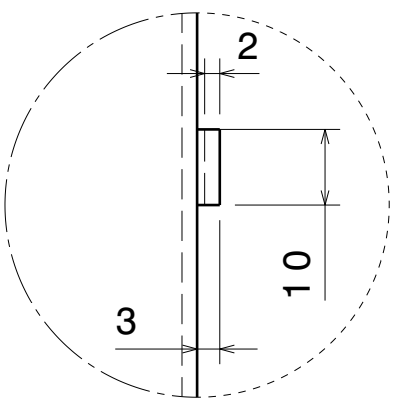
NOTAS:  
- Tolerancias según norma UNE EN 22768

|   |  |                         |                       |
|---|--|-------------------------|-----------------------|
|  <div>Universidad Pública<br/>de Navarra<br/>Nafarroako<br/>Unibertsitate<br/>Publikoa</div> | Enrollador de cobertor de<br>piscina elevada |                         |                       |
|   | PLANO:                                       |                         |                       |
|   | Carcasa lado de la tapa                      |                         |                       |
|   | FIRMA:                                       |                         |                       |
| FECHA:  |  | TAMAÑO:                 | REALIZADO:            |
| 20/02/2014  |  | A3                      | Oihane Ondarra Larrea |
|   |  | E: 1:1/1:2/1:4/1:5/1:10 | PLANO Nº: 12 HOJA 12  |

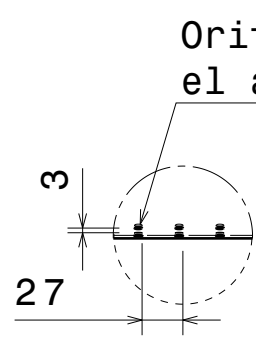


Carcasa lado cobertor  
Front view 1:10

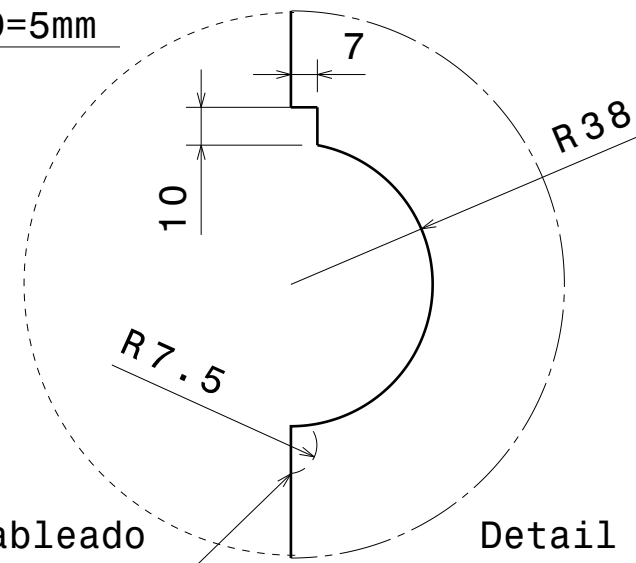
Carcasa lado cob.  
Left view 1:10



Detail A 1:1  
Unión lateral carcasa

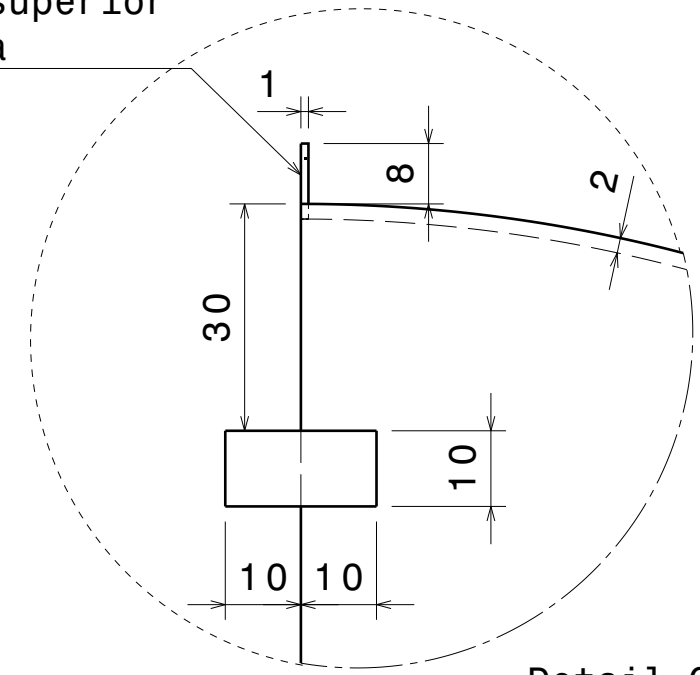


Orificios para  
el agua D=5mm  
Detail E  
Scale: 1:5



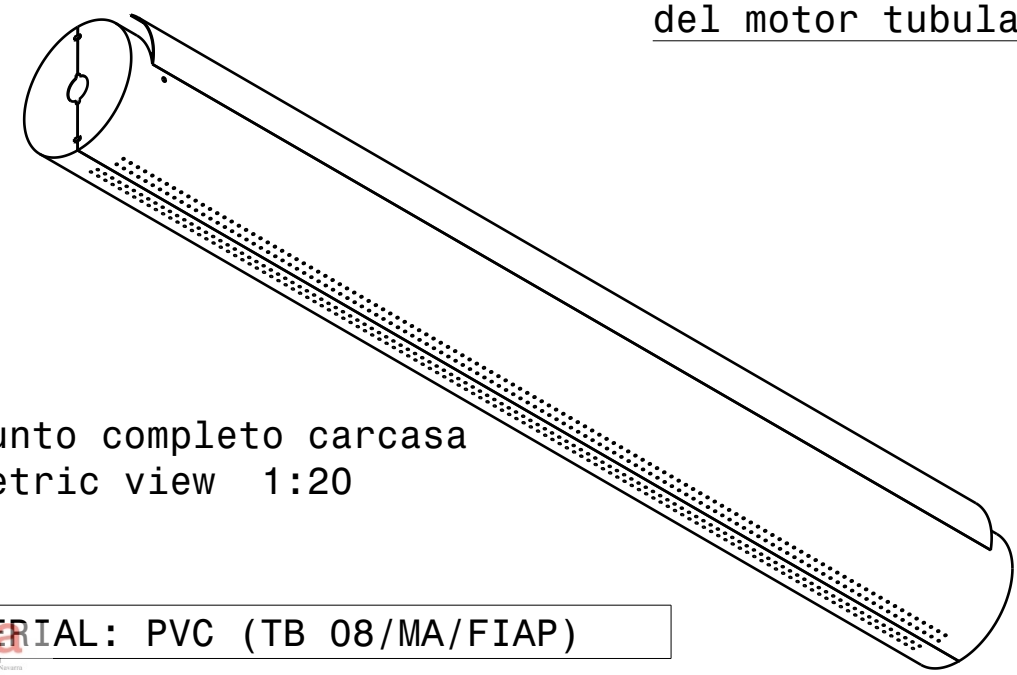
Detail D 1:2

Unión superior  
carcasa



Detail C 1:1


Orificio para el cableado  
del motor tubular

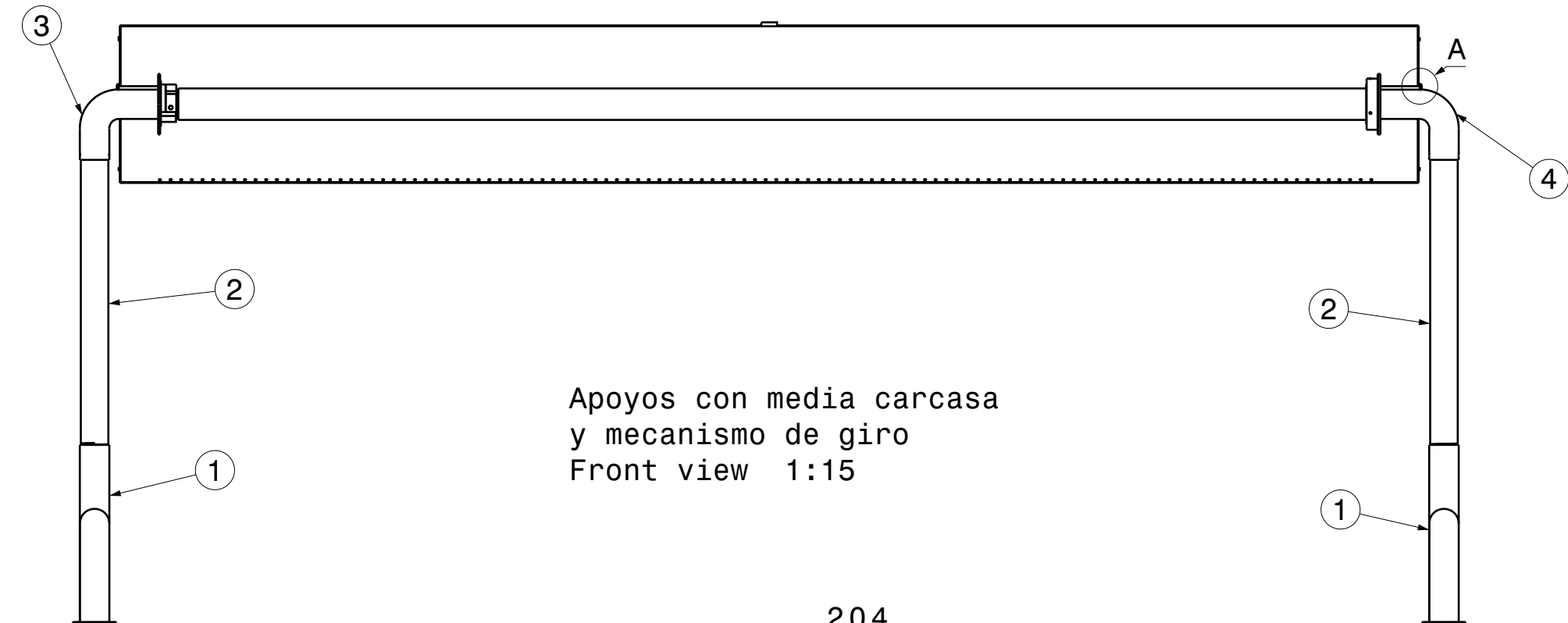


Conjunto completo carcasa  
Isometric view 1:20

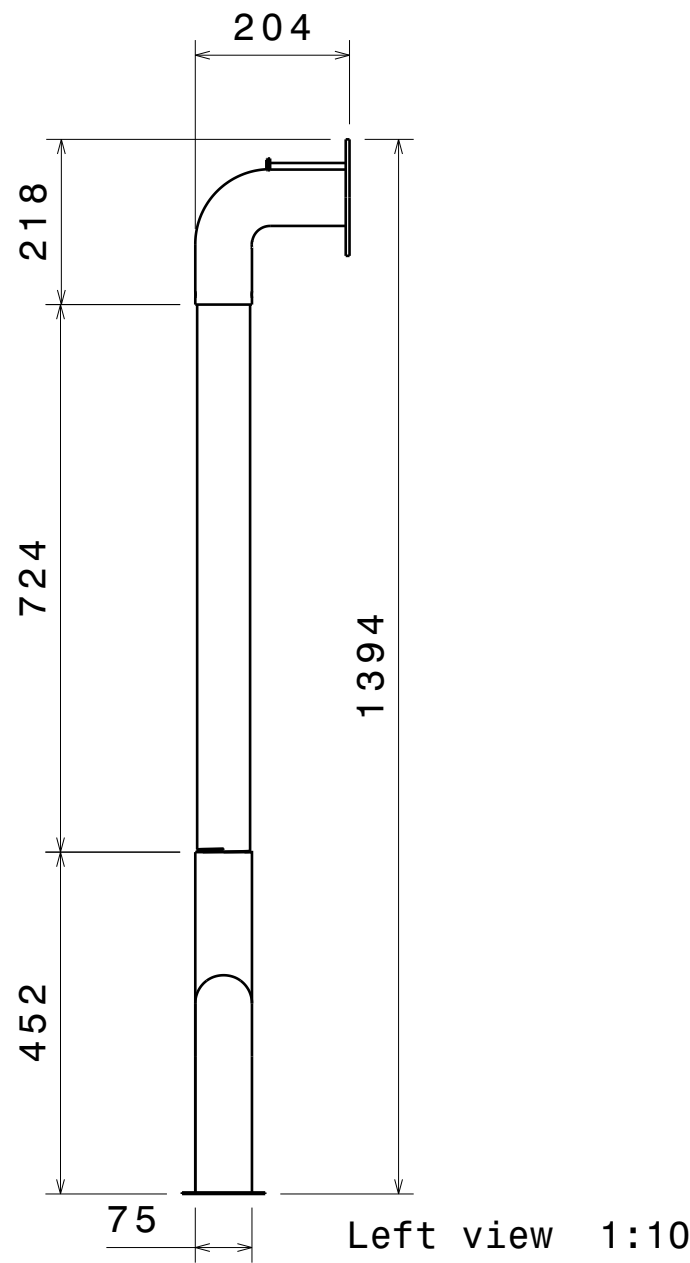
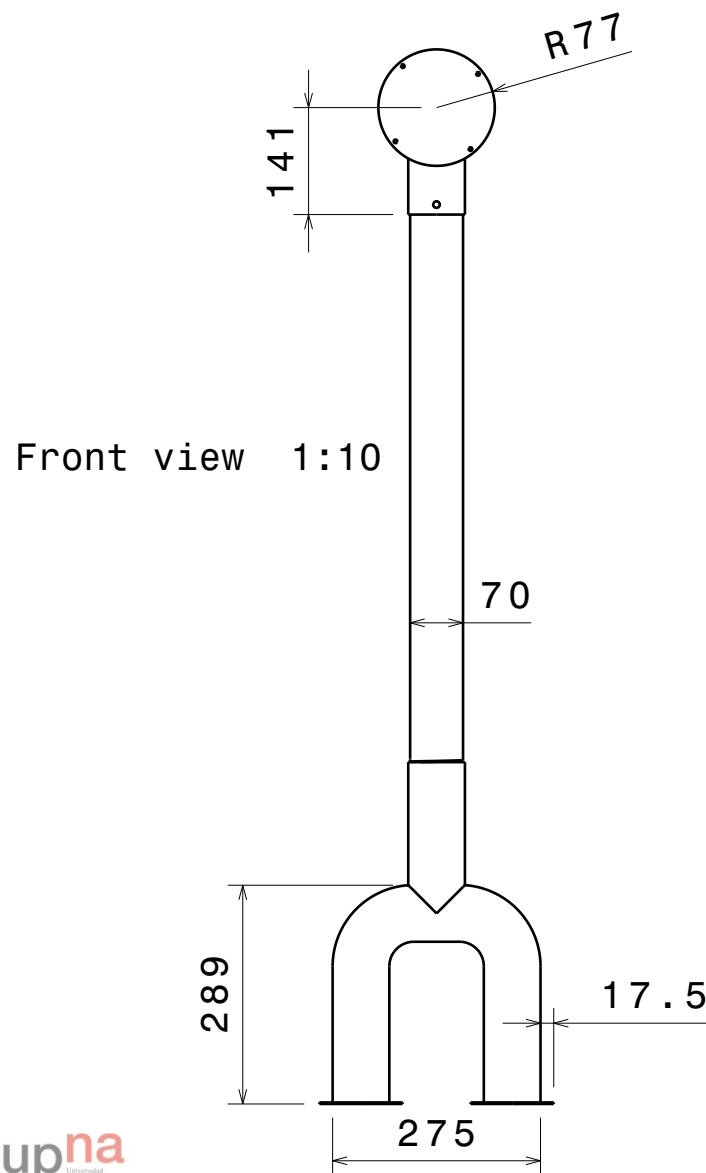
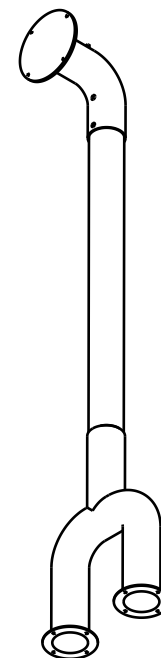
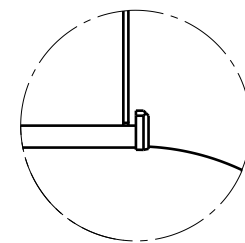
MATERIAL: PVC (TB 08/MA/FIAP)

NOTAS:  
- Tolerancias según norma UNE EN 22768

|   |  |   |         |
|---|--|---|---------|
|  <div>Universidad Pública<br/>de Navarra<br/>Nafarroako<br/>Unibertsitate<br/>Publikoa</div> | Enrollador de cobertor de<br>piscina elevada |   |         |
|   | PLANO:                                       |   |         |
| Departamento de proyectos e<br>ingeniería rural   | Carcasa lado de entrada del cobertor         |   |         |
| FIRMA:  | TAMAÑO:<br><br>A3                            | REALIZADO:<br><br>Oihane Ondarra Larrea |         |
| FECHA:<br><br>20/02/2014  | E: 1:1/1:2/1:5/1:10/1:20                     | PLANO Nº: 13                            | HOJA 13 |



Tope y enganche para la carcasa  
Detail A 1:3




#### NOTAS:

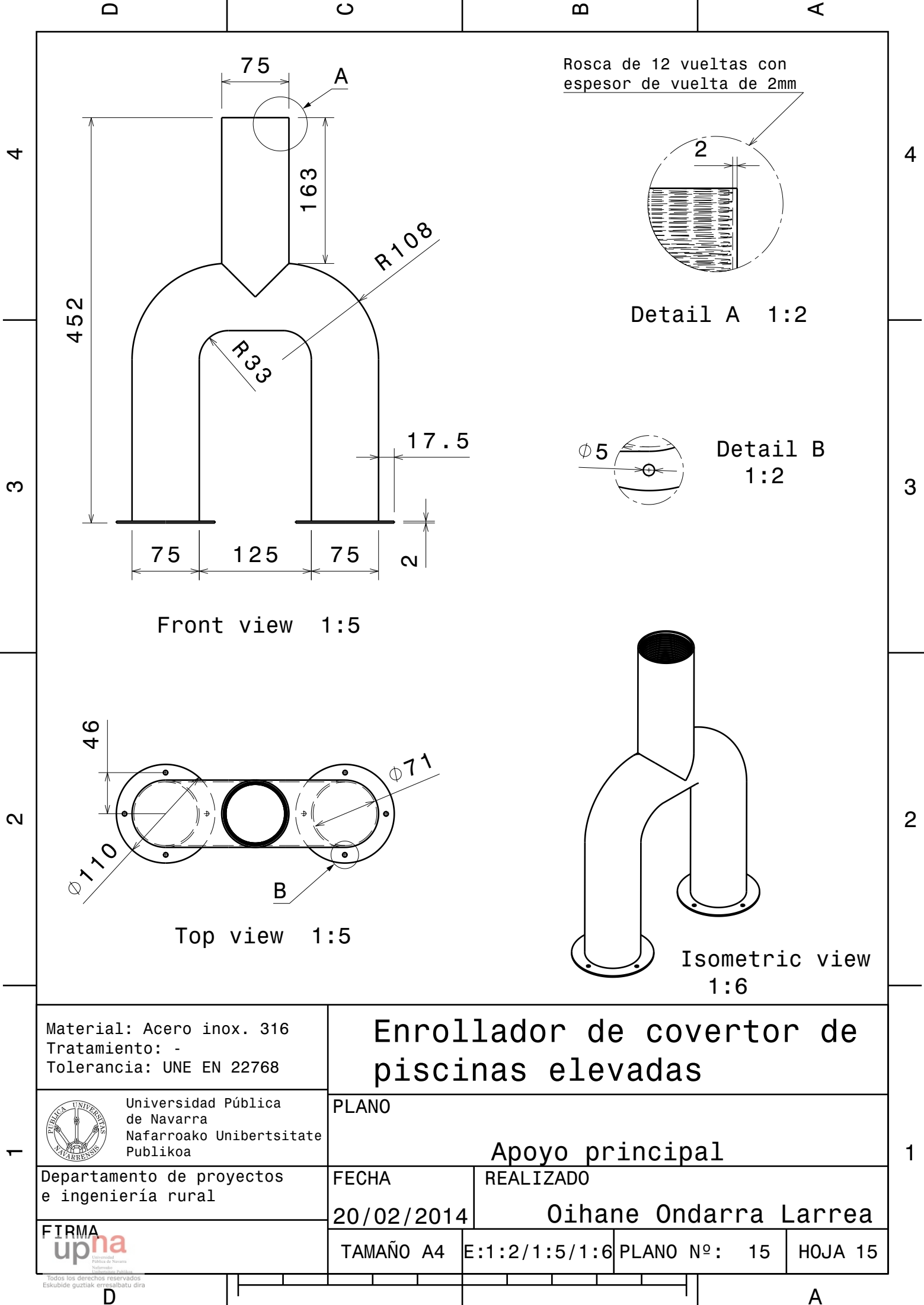
- Unión de 1 y 2 mediante rosca
- Unión de 3 y 2, y 4 y 2 mediante  
atravesandolas con un tornillo  
roscado M10 de longitud 85 mm
- Tolerancias según norma UNE EN 22768

Isometric view 1:15


| POS. | COMPONENTE                         | MATERIAL               |
|------|------------------------------------|------------------------|
| 1    | Apoyo principal                    | Acero inox. 316        |
| 2    | Barra intermedia                   | Aleación aluminio 6061 |
| 3    | Unión motor-barra intermedia       | Aleación aluminio 6061 |
| 4    | Unión rodamientos-barra intermedia | Aleación aluminio 6061 |

|   |  |                                     |         |
|---|--|-------------------------------------|---------|
|  <div>Universidad Pública<br/>de Navarra<br/>Nafarroako<br/>Unibertsitate<br/>Publikoa</div> | Enrollador de cobertor de<br>piscina elevada |                                     |         |
|   | PLANO:                                       |                                     |         |
| Departamento de proyectos e<br>ingeniería rural   | Conjunto apoyos                              |                                     |         |
| FIRMA:  | TAMAÑO:<br>A3                                | REALIZADO:<br>Oihane Ondarra Larrea |         |
| FECHA:<br>20/02/2014  | ESCALA:1:3/1:10/1:15                         | PLANO Nº: 14                        | HOJA 14 |





Material: Acero inox. 316  
Tratamiento: -  
Tolerancia: UNE EN 22768

 Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Departamento de proyectos e ingeniería rural

FIRMA 

# Enrollador de covertor de piscinas elevadas

PLANO  
Apoyo principal

FECHA: 20/02/2014  
REALIZADO: Oihane Ondarra Larrea

TAMAÑO A4  
E:1:2/1:5/1:6  
PLANO Nº: 15  
HOJA 15

D

C

B

A

4

4

3

3

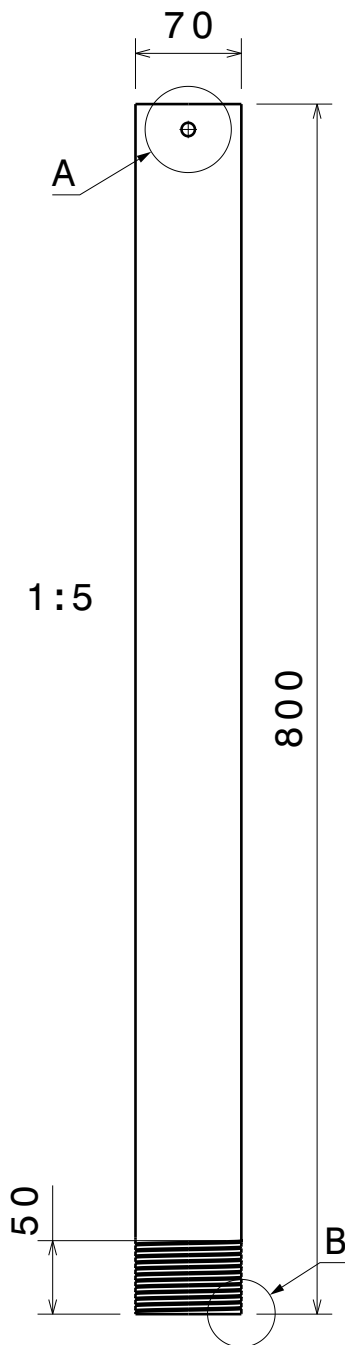
2

2

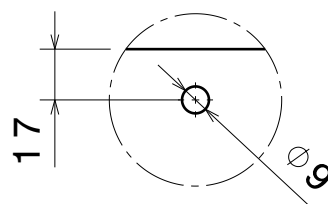
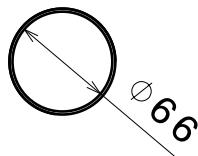
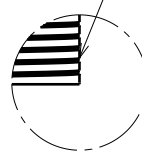
1

1

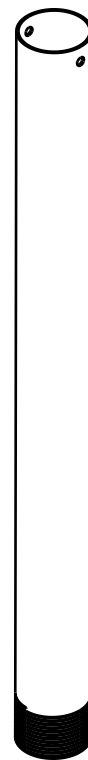
Front view 1:5



Top view 1:5

Detail A  
2:5Rosca de 12 vueltas con  
espesor de vuelta de 2mm

Detail B 2:5

Isometric view  
1:7Material: Al. aluminio 6061  
Tratamiento: Anodizado  
Tolerancia: UNE EN 22768Enrollador de colector de  
piscinas elevadasUniversidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate  
Publikoa

PLANO

Barra intermedia

Departamento de proyectos  
e ingeniería rural

FECHA

REALIZADO

20/02/2014

Oihane Ondarra Larrea

FIRMA  
upna

TAMAÑO A4

E:2:5/1:5/1:7

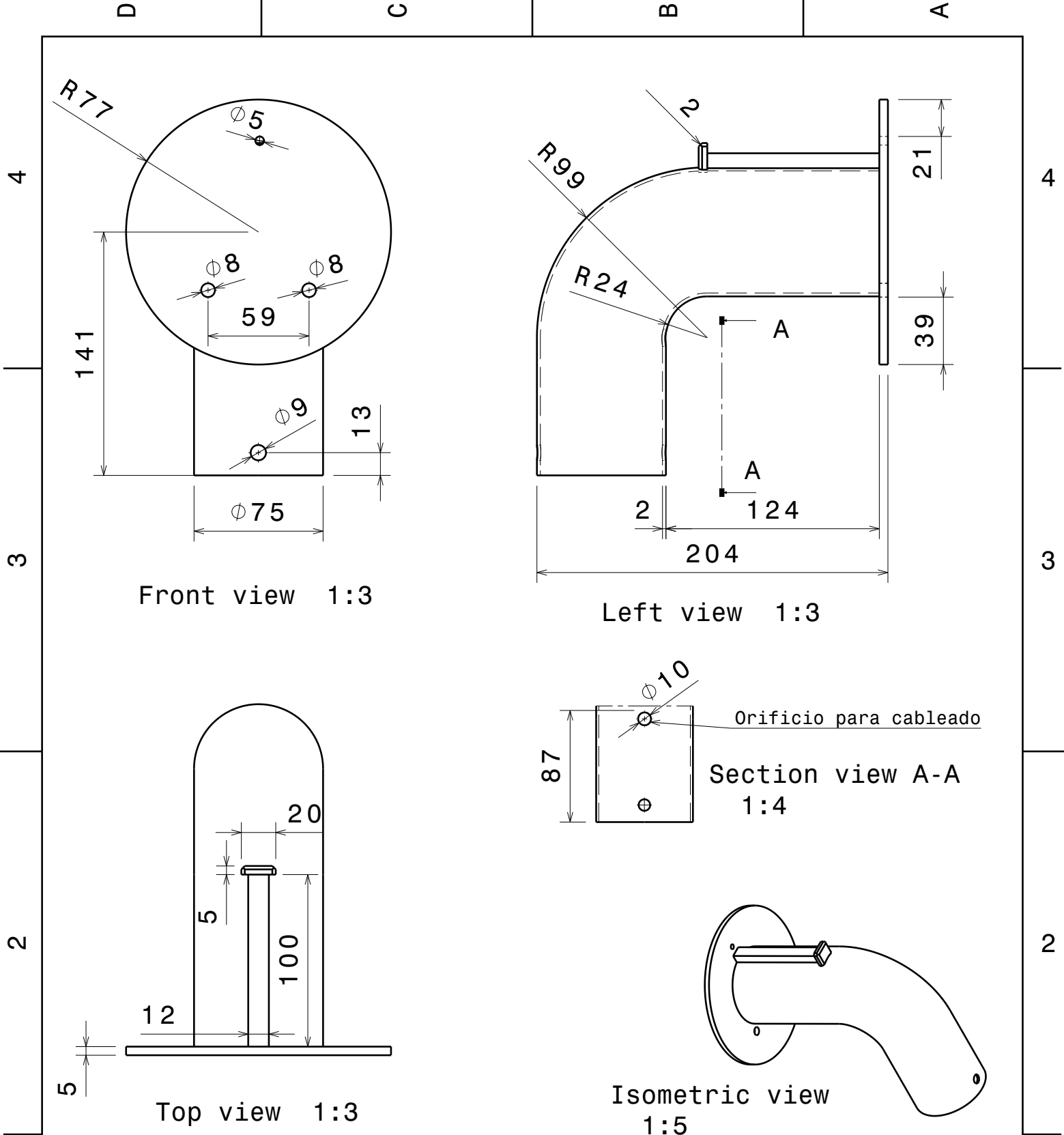
PLANO Nº: 16

HOJA 16

Todos los derechos reservados  
Eskubide guztiak erresalbatu dira

D

A



Material: Al. aluminio 6061  
Tratamiento: Anodizado  
Tolerancia: UNE EN 22768



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate  
Publikoa

Departamento de proyectos  
e ingeniería rural

FIRMA  
upna

Todos los derechos reservados  
Eskubide guztiak erresalbatu dira

# Enrollador de covertor de piscinas elevadas

PLANO

Unión barra intermedia-motor

FECHA

20/02/2014

REALIZADO

Oihane Ondarra Larrea

TAMAÑO A4

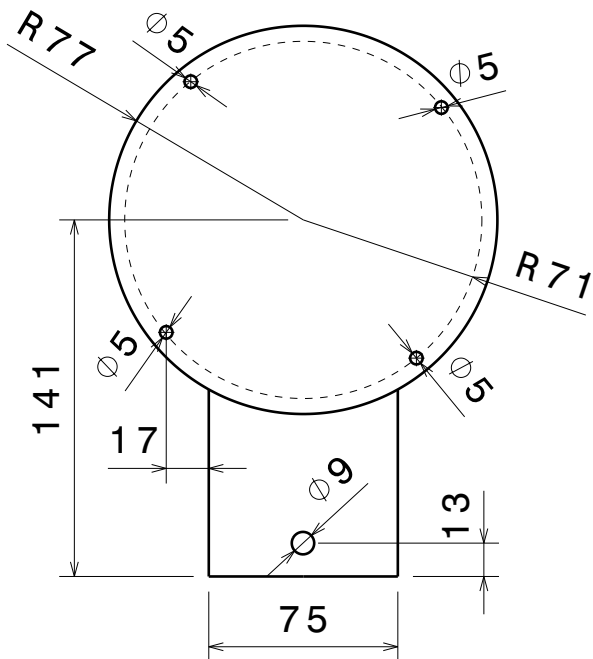
E:1:3/1:4/1:5

PLANO Nº: 17

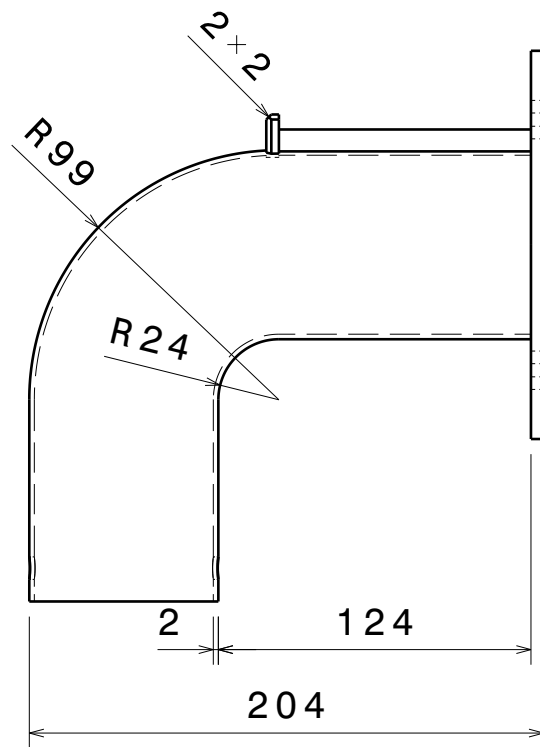
HOJA 17

D

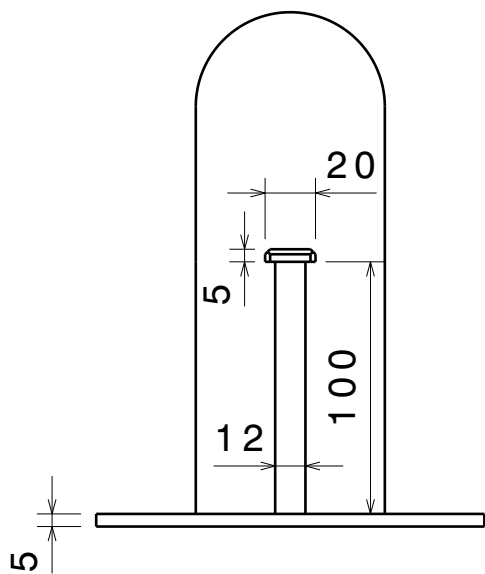
A



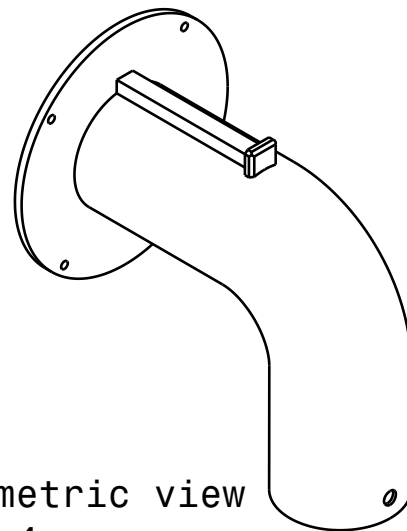
Front view 1:3



Left view 1:3



Top view 1:3



Isometric view  
1:4

Material: Aluminio-zinc 7075  
Tratamiento: Anodizado  
Tolerancia: UNE EN 22768

## Enrollador de colector de piscinas elevadas



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate  
Publikoa

PLANO

Unión barra intermedia-rodamientos

Departamento de proyectos  
e ingeniería rural

FECHA

REALIZADO

20/02/2014

Oihane Ondarra Larrea

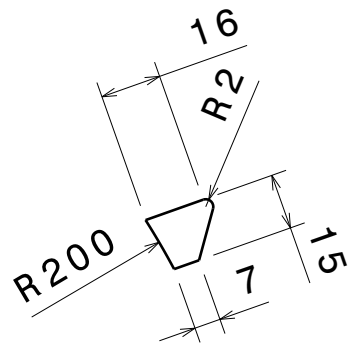
FIRMA  
upna

TAMAÑO A4

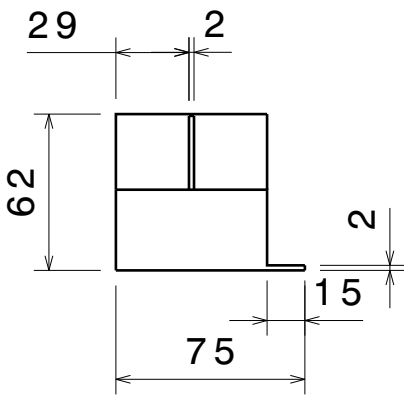
E: 1:3/1:4

PLANO Nº: 18

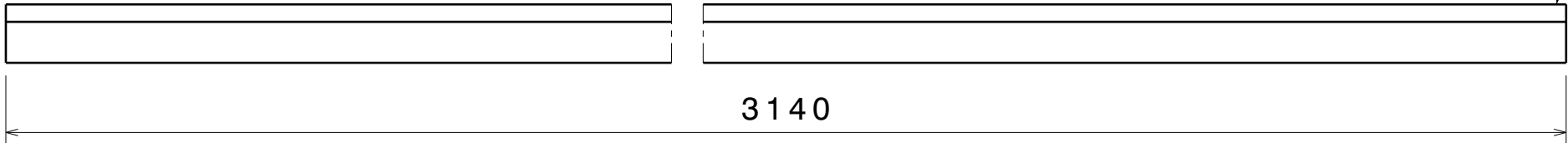
HOJA 18



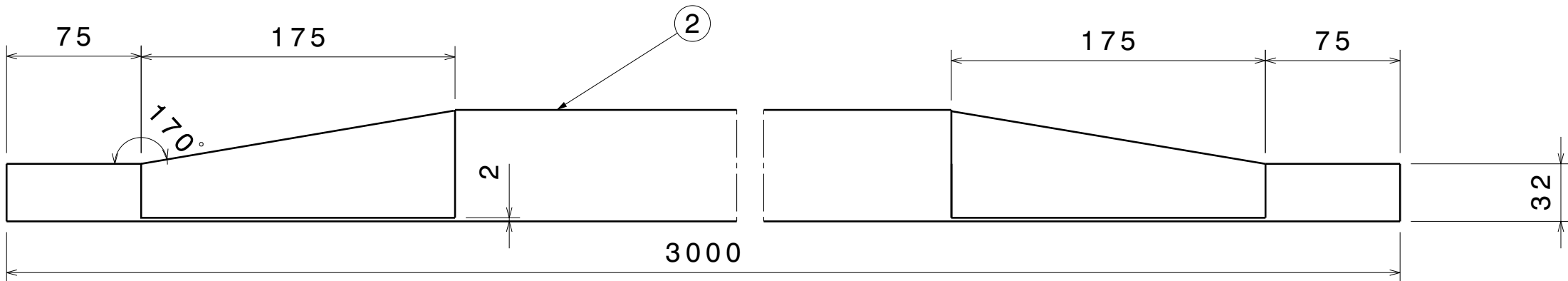
Base para el cepillo  
Front view 1:2



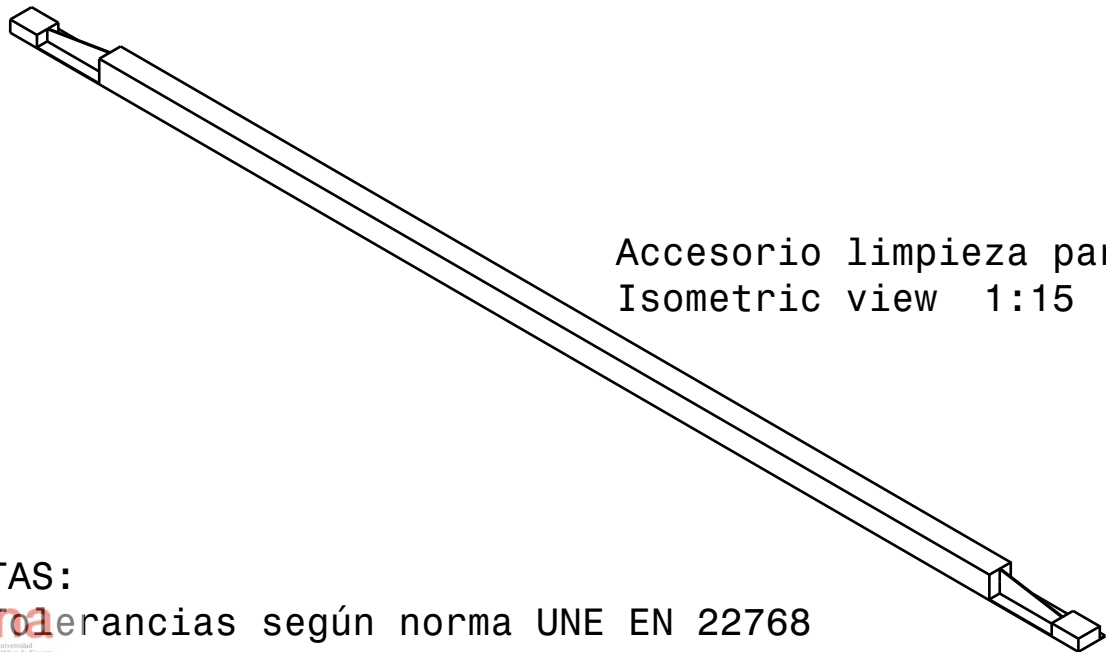
Acc. limpieza cobertor  
Front view 1:3



Base para el cepillo  
Left view 1:2



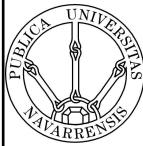
Acc. limpieza cobertor  
Left view 1:3



Accesorio limpieza para el cobertor  
Isometric view 1:15

NOTAS:  
Tolerancias según norma UNE EN 22768

| POS. | ELEMENTO                               | MATERIAL    |
|------|--|-------------|
| 1    | Base del cepillo                       | PVC         |
| 2    | Accesorio de limpieza para el cobertor | Polietileno |

|   |  |                      |                       |         |
|---|--|----------------------|-----------------------|---------|
|  <div>Universidad Pública<br/>de Navarra<br/>Nafarroako<br/>Unibertsitate<br/>Publikoa</div> | Enrollador de cobertor de<br>piscina elevada |                      |                       |         |
|   | PLANO:                                       |                      |                       |         |
|   | Accesorios limpieza                          |                      |                       |         |
|   | FIRMA:                                       |                      |                       |         |
| FECHA:  |  | TAMAÑO:              | REALIZADO:            |         |
| 20/02/2014  |  | A3                   | Oihane Ondarra Larrea |         |
|   |  | ESCALA: 1:2/1:3/1:15 | PLANO Nº: 19          | HOJA 19 |